

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Civil

## **CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS**

### **EDIFÍCIOS PRÉ-POMBALINOS**

Carlos Manuel Neves Domingos

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Civil - Reabilitação de Edifícios

Orientador Científico

Professor Doutor Fernando M.A. Henriques

2010



## **Agradecimentos**

A elaboração de uma dissertação é um trabalho moroso e por vezes solitário, mas com uma contribuição de todos os que nos rodeiam de forma directa ou indirecta. Desta forma, gostaria de deixar a minha gratidão a todos.

Gostaria de começar por agradecer à minha família, nomeadamente aos meus pais e irmão, o carinho, compreensão e motivação que sempre me deram durante esta caminhada.

Agradecer em especial à Inês, que durante este trabalho me ajudou, de forma indescritível, a ultrapassar todos os momentos menos bons, sempre com palavras positivas e motivadoras.

Ao Professor Doutor Fernando Henriques, pela sua orientação, disponibilidade, apoio e partilha de conhecimentos, sem os quais a realização desta dissertação não seria possível.

À Engenheira Idália Gomes, que sem a sua ajuda não seria possível realizar todos os ensaios.

Aos meus colegas e amigos, pela ajuda, apoio e companheirismo durante a realização deste trabalho.

A todos, muito obrigado.



## **Resumo**

Actualmente são inúmeros os exemplos de património edificado em alvenaria de adobe, taipa e pedra, os quais não só têm grande valor histórico e cultural como servem de abrigo a muitas famílias, continuando a satisfazer as funções para os quais foram concebidos.

Para colmatar a falta de informação técnica existente, procedeu-se a um estudo das técnicas construtivas e de produção do adobe, da taipa e pedra, assim como se efectuou uma campanha experimental procurando identificar, avaliar e caracterizar as estruturas existentes. Essas campanhas incluíram: ensaios de caracterização do comportamento mecânico de alvenarias em adobe e taipa; caracterização das secções transversais de alvenarias de pedra; levantamento tipológico de alvenarias em adobe, taipa e pedra. Os trabalhos desenvolvidos têm como objectivo o estabelecimento de uma base de conhecimento que permita a interpretação de anomalias, a avaliação da segurança, a difusão de técnicas ancestrais e ecológicas e o desenvolvimento de soluções de consolidação adequadas para as construções existentes.

**Palavras-chave:** Construção em terra; construção em pedra; adobe; taipa; ensaios de macacos planos; secções transversais de alvenaria; Lisboa pré-pombalina; técnicas tradicionais de construção.



## **Abstract**

Nowadays there are a huge number of examples of patrimonial masonry buildings in adobe, rammed earth and stone, which are not only of great historical and cultural value but also the homes to many families, pursuing the purposes to which they were projected.

To fill the lack of technical information, a study of building techniques and the production of the adobe, rammed earth and stone was carried out, along with an experimental campaign in order to identify, evaluate and portray the existing structures. These campaigns included: essays on mechanical behaviour of masonry in adobe, rammed earth and stone; on transversal sections of stone masonry; typological survey on masonry in adobe, rammed earth and stone. The point of undertaking these tasks is to establish a knowledge basis, which allows understanding the inconsistencies/anomalies, security assessment, ecological and ancient techniques diffusion and the development of consolidation solutions suitable to the existing constructions.

**Keywords:** Earth construction; stone construction; adobe; rammed earth; experiments of plane jacks; transversal sections of masonry; pre-pombalina Lisbon; traditional construction techniques.





## Índice Geral

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	ENQUADRAMENTO .....	1
1.2	OBJECTIVOS .....	4
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	5
<b>2</b>	<b>EVOLUÇÃO DOS EDIFÍCIOS.....</b>	<b>7</b>
2.1	DESCRIÇÃO GERAL .....	7
2.2	AS PRIMEIRAS CONSTRUÇÕES .....	8
2.3	NA GÉNESE DE PORTUGAL .....	10
2.4	CONTRIBUIÇÃO ROMANA.....	11
2.4.1	<i>Materiais de Construção.....</i>	<i>12</i>
2.4.2	<i>Tecnologias de Construção.....</i>	<i>14</i>
2.5	CONTRIBUIÇÃO MOÇÁRABE.....	17
2.6	CONTRIBUIÇÃO DO ROMÂNICO .....	19
2.7	CONTRIBUIÇÃO GÓTICA .....	22
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM TERRA .....</b>	<b>29</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL.....	29
3.2	CONSTRUÇÃO EM TAIPA.....	33
3.2.1	<i>Descrição Geral .....</i>	<i>33</i>
3.2.2	<i>Caracterização das Técnicas de Produção.....</i>	<i>36</i>
3.2.3	<i>Caracterização das Técnicas Construtivas .....</i>	<i>37</i>
3.2.4	<i>Taipa Militar .....</i>	<i>43</i>
3.3	CONSTRUÇÃO EM ADOBE .....	45
3.3.1	<i>Descrição Geral .....</i>	<i>45</i>
3.3.2	<i>Caracterização das Técnicas de Produção.....</i>	<i>47</i>
3.3.3	<i>Caracterização das Técnicas Construtivas .....</i>	<i>49</i>
3.4	CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DAS ALVENARIAS DE TERRA.....	51
3.4.1	<i>Descrição Geral .....</i>	<i>51</i>
3.4.2	<i>Caracterização tipológica.....</i>	<i>52</i>
3.4.3	<i>Ensaio com Macacos Planos .....</i>	<i>53</i>
3.5	REVESTIMENTOS .....	69
3.6	COBERTURAS .....	71
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM PEDRA .....</b>	<b>73</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL.....	73
4.2	CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA DE PEDRA SECA .....	81
4.2.1	<i>Descrição Geral .....</i>	<i>81</i>
4.2.2	<i>Caracterização das Técnicas Construtivas .....</i>	<i>82</i>
4.3	CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA DE PEDRA CORRENTE .....	84
4.3.1	<i>Descrição Geral .....</i>	<i>84</i>
4.3.2	<i>Caracterização das Técnicas Construtivas .....</i>	<i>85</i>
4.4	CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA DE PEDRA APARELHADA .....	88
4.4.1	<i>Descrição Geral .....</i>	<i>88</i>

4.4.2	<i>Caracterização das Técnicas Construtivas</i> .....	89
4.5	CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DAS ALVENARIAS DE PEDRA .....	91
4.5.1	<i>Descrição Geral</i> .....	91
4.5.2	<i>Levantamento de alguns edifícios pré-pombalinos em Lisboa</i> .....	91
4.5.3	<i>Estudo e caracterização das secções de alvenaria de pedra</i> .....	96
4.6	REVESTIMENTO E ACABAMENTO DE PAREDES .....	103
4.7	ABERTURAS .....	103
4.8	PAVIMENTOS .....	105
4.9	COBERTURAS .....	108
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS</b> .....	<b>113</b>
5.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES .....	113
5.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	115
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>117</b>
	<b>ANEXO I</b> .....	<b>123</b>
	<b>ANEXO II</b> .....	<b>135</b>
	<b>ANEXO III</b> .....	<b>143</b>
	<b>ANEXO IV</b> .....	<b>151</b>
	<b>ANEXO V</b> .....	<b>155</b>

## Índice de Figuras

<i>Figura 2.1 - Anta do Cortiçô - Fornos de Algodres 2600 a.C.].....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2.2 - Parede de alvenaria de tijolo .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.4 - Sistema de descarga triangular .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.3 - Forte São Sebastião da Caparica (1571 d.C.) .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.5 - Basílica romana de Volubillis - Marrocos .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.6 - Sistema circular de descarga .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.7 - Abóbada de Berço (Planta) .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.8 - Abóbada de Berço (Perfil) .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.9 - Abóbada de Berço - Forte São Sebastião da Caparica (1571 d.C.) .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.10 - Arco Ultrapassado - Azilah .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2.11 - Muralha de taipa da medina Méknes - Marrocos.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2.12 - Igreja S.Miguel do Castelo - Guimarães (séc. XIII).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2.13 - Igreja de S.Miguel do Castelo (interior) - Guimarães (séc. XIII).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2.14 - Funcionamento de arcos em pedra .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2.15 - Esquema estrutural românico .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2.16 - Castelo de Guimarães.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2.17 - Igreja Matriz de Barcelos (construída durante o período Românico e ampliada no séc. XIV durante o período Gótico).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2.18 - Roda manual como sistema de elevação de materiais .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2.19 - Esquema Estrutural Românico.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.20 - Linha de Impulsos .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.21 - Pináculos - Linha de Impulsos .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2.22 - Perspectiva esquemática da abóbada .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.23 - Cisterna do Forte de Mazagão - Marrocos (1541 d.C.).....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.24 - Cimbres utilizados na execução de arcos .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.25 - Corte de Catedral Gótica .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3.1 - Contraforte localizado no concelho de Coruche.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.2 - Ksar em Ouarzazate - Marrocos.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 3.3 - Fundação em alvenaria de pedra corrente - Santarém .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3.4 - Taipal da região da Chamusca .....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 3.5 - Taipal e acessórios de montagem[42].....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.6 - Ferramentas para compactação.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.7 - Reforço dos cunhais com tijolo maciço cozido - Rua dos Combatentes (Coruche) .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.8 - Reforço das fiadas de taipa com tijolo maciço cozido - Rua dos Combatentes (Coruche) ...</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.9 - Armazenagem de adobes - Marrocos .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.10 - Sequência de montagem das alvenarias em adobe .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.11 - Alvenaria de adobe - Monte Cavaleiros (Coruche) .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.12 - Verga e caixilharia de madeira numa abertura em alvenaria de adobe.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.13 - Alinhamentos verticais da janela 1 (Santarém).....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 3.14 - Alinhamentos verticais e horizontais da Janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 3.15 - Alinhamentos verticais do ensaio de macacos planos duplos, relizado em Valongo - Avis</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3.16 - Pigmentos naturais para caiação (Chefchaoene - Marrocos).....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 3.17 - Cobertura com asna simples .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.1 - Fachada em bico com andar de ressalto na fachada lateral - Beco de S. Marçal (Lisboa). </i>	<i>74</i>
<i>Figura 4.2 - Andar ressalto - Beco de S.Miguel (Lisboa).....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 4.3 - Cunhal em alvenaria de pedra aparelhada (Póvoa - Miranda do Douro) .....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 4.4 - Cunhal em alvenaria de pedra seca (S.Martinho da Angueira - Miranda do Douro) .....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 4.5 - Cunhais - representação esquemática .....</i>	<i>76</i>

Figura 4.6 - Pedra isotrópica .....	77
Figura 4.7 - Pedra anisotrópica .....	77
Figura 4.8 - Localização das zonas graníticas .....	77
Figura 4.9 - Localização das zonas de xistos e ardósias .....	77
Figura 4.10 - Localização das zonas de calcários e arenitos .....	77
Figura 4.12 - Escada de tiro na Calçadinha do Tijolo (Lisboa).....	79
Figura 4.11 - Escadas pelo exterior (Póvoa).....	79
Figura 4.14 - Abertura para suporte dos vigamentos do 1º piso (vista exterior) - Piódão .....	83
Figura 4.13 - Soalho assente directamente nos vigamentos.....	83
Figura 4.15 - Sequência de montagem da alvenaria de pedra seca .....	84
Figura 4.16 - Sequência de montagem de alvenaria de pedra corrente .....	86
Figura 4.17 - Frechais - representação esquemática.....	87
Figura 4.18 - Frechal encastrado na parede (Forte S. Sebastião da Caparica).....	87
Figura 4.19 - Cachorro para apoio de frechal (Forte S. Sebastião da Caparica).....	87
Figura 4.20 - Sequência de construção em alvenaria de pedra aparelhada .....	90
Figura 4.21 - Edifícios pré-pombalinos identificados na zona do Castelo de S. Jorge .....	94
Figura 4.22 - Edifícios pré-pombalinos na zona de Belém (utilizando o Software GoogleEarth) .....	94
Figura 4.23 - Elementos constituintes da secção transversal da Calçada do Grilo em Lisboa .....	99
Figura 4.24 - Elementos constituintes da secção transversal da Rua do Chafariz Público - Serrado ....	100
Figura 4.25 - Elementos constituintes da secção transversal da Travessa da Escola Primária - Porto Brandão .....	100
Figura 4.26 - Elementos constituintes da secção transversal na Rua da Liberdade - Monte da Caparica .....	101
Figura 4.27 - Reboco de barro e areia em parede interior com acabamento em caiação (Póvoa).....	103
Figura 4.28 - Verga e caixilharia de madeira em alvenaria de pedra seca (Piódão).....	105
Figura 4.29 Reforço horizontal e vertical de abertura em pedra (Póvoa).....	105
Figura 4.30 - Reforço horizontal de abertura em pedra (Forte de S. Sebastião da Caparica) .....	105
Figura 4.31 - Apoio pavimento-viga através de frechal existente na parede [1].....	106
Figura 4.32 - Apoio de viga de madeira em alvenaria de pedra .....	106
Figura 4.33 - Ancoragem de viga de madeira em alvenaria de pedra .....	106
Figura 4.34 - Asna Simples .....	110
Figura 4.35 - Asna simples com escoras .....	110
Figura 4.36 - Ligações tradicionais entre perna e linha.....	110
Figura 4.37 - Ligações tradicionais usando respiga e mecha.....	110
Figura 4.38 - Estrutura com base em asnas simples para suporte de cobertura de quatro águas - Torre menagem do Castelo de Guimarães.....	111
Figura 4.39 - Cobertura em abóbada à vista da Sé de Viseu.....	111
Figura 4.40 - Camisa e saia .....	111
Figura 4.41 - Revestimento da cobertura com telha cerâmica de canal.....	112
Figura 4.42 - Revestimento da cobertura de xistos .....	112
 Figura I - 1 - Aglomerado habitacional do Monte de Cavaleiros.....	125
Figura I - 2 - Janela com portada em madeira em fachada tardo do edifício A1 .....	125
Figura I - 3 - Dois tipos de adobes que constituem a parede exterior do edifício A1 .....	125
Figura I - 4 - Vista do aglomerado habitacional do edifício A2 .....	127
Figura I - 5 - Vista da parede interior do edifício A2 .....	127
Figura I - 6 - Parede exterior - Adobes - edifício A2 .....	127
Figura I - 7 - Vista do edifício A3 .....	129
Figura I - 8 - Cunhal edifício A3.....	129
Figura I - 9 - Parede exterior edifício A3 .....	129
Figura I - 10 - Vista do edifício A4 .....	131
Figura I - 11 - Janela na fachada tardo edifício A4.....	131
Figura I - 12 - Pormenor dos adobes e beirado do edifício A4 .....	131
Figura I - 13 - Pormenor de um cunhal e dos adobes do edifício A5 .....	133
Figura I - 14 - Vista do edifício A5 .....	133
Figura I - 15 - Vista do edifício contíguo ao A5 .....	133

<i>Figura II - 1 - Esquema de macaco plano rectangular.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura II - 2 - Esquema de montagem do ensaio de macacos planos duplo.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura III - 1 - Aglomerado habitacional do Monte Pé de Erra .....</i>	<i>145</i>
<i>Figura III - 2 - Vista interior do edifício T1 .....</i>	<i>145</i>
<i>Figura III - 3 - Vista do quarto e janela tardoz do edifício T1 .....</i>	<i>145</i>
<i>Figura III - 4 - Fachada principal do edifício T2 .....</i>	<i>147</i>
<i>Figura III - 5 - Parede exterior de taipa do edifício T2.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura III - 6 - Vista da empena do edifício T2 .....</i>	<i>147</i>
<i>Figura III - 7 - Vista do edifício T3 .....</i>	<i>149</i>
<i>Figura III - 8 - Vista da parede de taipa e fundação de alvenaria corrente do edifício T3.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura III - 9 - Vista da fachada tardoz do edifício T3.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura IV - 1 - Esquema de um macaco plano rectangular.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura IV - 2 - Esquema de montagem do ensaio de macacos planos duplos.....</i>	<i>152</i>



## Índice de Quadros

<i>Quadro 3.1 – Resistência à compressão de taipa e adobes .....</i>	<i>56</i>
<i>Quadro 4.1 - Classificação de Rochas .....</i>	<i>76</i>
<i>Quadro 4.2 - Resumo das localizações geográficas das secções de alvenaria de pedra.....</i>	<i>98</i>
<i>Quadro 4.3 - Resumo das características das secções de alvenaria analisadas .....</i>	<i>98</i>
<i>Quadro 4.4 - Características médias, máximas e mínimas das secções de alvenaria analisadas .....</i>	<i>99</i>
<i>Quadro II- 1 - Dados resultantes do ensaio da janela 1 .....</i>	<i>137</i>
<i>Quadro II- 2 - Resumo dos dados recolhidos na janela 2.....</i>	<i>138</i>
<i>Quadro II- 3 - Dados do alinhamento 1, resultante do ensaio da janela 2.....</i>	<i>139</i>
<i>Quadro II- 4 - Dados do alinhamento 2, resultantes do ensaio da janela 2 .....</i>	<i>139</i>
<i>Quadro II- 5 - Dados do alinhamento 3, resultantes do ensaio da janela 2 .....</i>	<i>139</i>
<i>Quadro II- 6 - Dados do alinhamento 4, resultantes do ensaio na janela 2 .....</i>	<i>140</i>
<i>Quadro II- 7 - Dados do alinhamento 5, resultantes do ensaio na janela 2 .....</i>	<i>140</i>
<i>Quadro II- 8 - Dados do alinhamento 6, resultantes do ensaio na janela 2 .....</i>	<i>140</i>
<i>Quadro II- 9 - Dados do alinhamento horizontal, resultantes do ensaio na janela 2.....</i>	<i>141</i>
<i>Quadro IV - 1 - Resumo dos dados recolhidos durante o ensaio.....</i>	<i>153</i>
<i>Quadro IV - 2 - Dados do alinhamento vertical 1 .....</i>	<i>153</i>
<i>Quadro IV - 3 - Dados do alinhamento vertical 2 .....</i>	<i>153</i>
<i>Quadro IV - 4 - Dados do alinhamento vertical 3 .....</i>	<i>154</i>
<i>Quadro IV - 5 - Dados do alinhamento vertical 4 .....</i>	<i>154</i>
<i>Quadro IV - 6 - Dados do alinhamento vertical 5 .....</i>	<i>154</i>





## Índice de Gráficos

<i>Gráfico 3.1 - Relação tensão/extensão do alinhamento 1 da janela 1 (Santarém) .....</i>	<i>59</i>
<i>Gráfico 3.2 - Relação tensão/extensão do alinhamento 2 da janela 1 (Santarém) .....</i>	<i>59</i>
<i>Gráfico 3.3 - Variações do módulo de elasticidade ao longo da parede na janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>60</i>
<i>Gráfico 3.4 - Relação tensão/extensão do alinhamento V1 da janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>61</i>
<i>Gráfico 3.5 - Relação tensão/extensão do alinhamento V2 da janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>61</i>
<i>Gráfico 3.6 - Relação tensão/extensão do alinhamento V3 da janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>62</i>
<i>Gráfico 3.7 - Relação tensão/extensão do alinhamento V4 da janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>62</i>
<i>Gráfico 3.8 - Relação tensão/extensão do alinhamento V5 da janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>62</i>
<i>Gráfico 3.9 - Relação tensão/extensão do alinhamento V6 da janela 2 (Santarém) .....</i>	<i>63</i>
<i>Gráfico 3.10 - Relação tensão/extensão do alinhamento 8 (horizontal) da janela 2 (Santarém).....</i>	<i>63</i>
<i>Gráfico 3.11 - Variações do módulo de elasticidade ao longo da parede (Valongo - Avis) .....</i>	<i>66</i>
<i>Gráfico 3.12 - Relação tensão/extensão do alinhamento V1 (Valongo - Avis) .....</i>	<i>67</i>
<i>Gráfico 3.13 - Relação tensão/extensão do alinhamento V2 (Valongo - Avis) .....</i>	<i>67</i>
<i>Gráfico 3.14 - Relação tensão/extensão do alinhamento V3 (Valongo -Avis) .....</i>	<i>68</i>
<i>Gráfico 3.15 - Relação tensão/extensão do alinhamento V4 (Valongo - Avis) .....</i>	<i>68</i>
<i>Gráfico 3.16 - Relação tensão/extensão do alinhamento V5 (Valongo - Avis) .....</i>	<i>68</i>
 <i>Gráfico 4.1 - Identificação do número de pisos em cada edifício .....</i>	 <i>95</i>
<i>Gráfico 4.2 - Características diversas que definem o património edificado em Lisboa .....</i>	<i>95</i>
<i>Gráfico 4.3 - Percentagem de edifícios observados.....</i>	<i>95</i>
<i>Gráfico 4.4 - Estado de conservação dos edifícios observados .....</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 4.5 - Implantação dos edifícios observados: EB - Edifício no extremo de uma banda; MB - Edifício no meio de uma banda; I – Edifício isolado.....</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 4.6 - Comparação entre as percentagens de áreas de vazios, pedra e argamassa, em relação a cada área de secção transversal analisada .....</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico 4.7 - Espessura média das secções transversais analisadas .....</i>	<i>102</i>



# **1 Introdução**

## **1.1 Enquadramento**

O estudo de construções antigas é um desafio, devido às diferentes técnicas de construção existentes, propriedades dos materiais e geometrias variadas. No entanto, o esforço é recompensador e motivador, pois estas são testemunhos da evolução dos processos construtivos e materiais de construção, dos quais resultam os edifícios actuais.

Na reabilitação em edifícios antigos, a primeira acção consiste na inspecção do edifício, permitindo um bom conhecimento do seu estado de conservação, dos materiais e técnicas construtivas que o constituem. Esta tarefa pode requerer a utilização de meios técnicos que permitam comprovar o estado físico e capacidade resistente das paredes de alvenaria de terra e de pedra, entre outros aspectos.

Efectuando um paralelismo entre a vida humana e a vida útil dos edifícios, torna-se impossível viver o futuro sem compreender o passado, tal como nós, humanos, as construções, são fruto das vivências, experiências, erros, rectificações, virtudes, educação, cultura, personalidade e aprendizagens. Deste modo não há como ignorar o património edificado, pois este é parte integrante da nossa identidade e quiçá o futuro das gerações que nos seguirão. Torna-se assim importante aprofundar o conhecimento e reflectir em relação ao passado como e porque construímos de determinada forma, considerando todo o conhecimento para futuras intervenções a realizar.

Muitas das construções ancestrais permanecem em condições razoáveis de conservação, tendo-se mantido as técnicas, saberes e tradições, durante séculos, passando estes conhecimentos adquiridos de geração em geração. Até há cerca de sessenta anos, as técnicas e materiais utilizados na construção, mantiveram-se praticamente inalterados, com as devidas contribuições das várias e diferentes épocas arquitectónicas. Elas são hoje uma importante marca histórica e pertencem à identidade cultural do Homem, reaparecendo como alternativa ao advento do betão-armado, enquanto construções económicas e sustentáveis. Tome-se como exemplo a arquitectura popular, espelho da origem de um povo, da sua

história, cultura, evoluções e conquistas, em que a casa rural é um reflexo puro da forma como esta se desenvolveu e adaptou à Natureza.

Nesta dissertação, serão objecto de análise, as tipologias existentes, até ao terramoto de 1755, momento em que a construção nacional praticada até então muda o seu trajecto. Pretende-se que, ao analisar as construções desta época, se entendam os princípios construtivos, a função de cada constituinte na parede, como se transforma a matéria-prima em material de construção, as suas dimensões e características e como se compõem esses materiais para formar um elemento construtivo.

Na época, a escolha do sistema construtivo a utilizar nas construções dependia de inúmeros factores: económicos, referentes aos custos previstos da obra; de localização, relacionado com a disponibilidade local dos materiais; culturais e sociais, associados de igual forma à qualidade de mão-de-obra, técnicas construtivas, entre outros. Contudo, o factor primordial é a localização geográfica, encontrando-se todos os outros dependentes de forma directa ou indirecta.

O conceito de alvenaria, utilizado frequentemente durante a dissertação, é referente à construção resistente em pedra ou terra (i.e. adobe, taipa, ou outra.).

A elevada utilização das alvenarias resistentes como solução construtiva, está relacionada com o seu baixo custo de manutenção, durabilidade, solidez, abundância de material e facilidade na sua obtenção. O seu processo construtivo apresenta vantagens ao nível de aquisição da facilidade e rapidez de execução. As estruturas de alvenaria resultaram de processos empíricos de aprendizagem (tentativa e erro), em associação com elementos resistentes naturais (pedras) e artificiais (adobes e taipa), através dos quais a transmissão das cargas se faz por meio de tensões de compressão. Nas épocas pré-terramoto, eram de espessura considerável, facto justificado por razões de natureza estrutural, mecânica e de protecção do interior da habitação contra os agentes atmosféricos. A sua constituição era muito heterogénea. Contiguamente com a espessura e peso, funcionava como força estabilizante, equilibrando forças horizontais deslizantes e derrubantes, garantindo assim estabilidade aos impulsos da terra, aos elementos estruturais como arcos e abóbadas, do vento e dos sismos. Para além disso, dificultavam o percurso que a água e o ar teriam que percorrer até ao interior do edifício. Qualquer que seja a solução construtiva adoptada, para a execução de uma alvenaria, há que considerar determinadas regras que terão que ser cumpridas, para que eles permaneçam até aos dias de hoje, como a ligação entre paredes resistentes ortogonais, reforço das aberturas e desfasamento entre juntas.

A distinção entre os vários sistemas de alvenarias resistentes faz-se pela origem e produção das suas unidades, se natural, a pedra, se artificial, o tijolo, o adobe ou a taipa. A cada um deles correspondem métodos construtivos específicos que se adaptam às condições da matéria-prima utilizada. Estes métodos implicarão diferentes especificidades, tanto na composição da parede de alvenaria como na concepção do edifício.

Existe hoje um interesse renovado na reabilitação das construções tradicionais, construídas usualmente com paredes de alvenaria e pavimentos e coberturas em madeira. No entanto, Portugal permanece como caso único da Europa, onde a reabilitação do património edificado possui uma expressão marginal no total do mercado da construção [32]. Ao longo de todo o trabalho, procura-se evidenciar esta tendência europeia para o acto de conservação e comparativamente permitir uma reflexão sobre o Património Nacional, considerando a importância para toda a sociedade e identidade nacional.

A reabilitação das construções antigas exige conhecimento específico e a caracterização dos materiais e tecnologias existentes. A ausência de estudos que permitam obter este conhecimento leva a intervenções erradas que constituirão perda do valor cultural e da autenticidade do património nacional construído. Torna-se fundamental a compreensão do comportamento estrutural e das características dos materiais, para cada projecto de intervenção, tornando-se essencial recolher informação sobre a estrutura no estado original do edifício, sobre as técnicas e métodos utilizados na sua construção, alterações e análise adequada do seu estado actual. De forma a contribuir para um melhor entendimento do comportamento mecânico e tecnológico dos edifícios, permitindo fornecer “*know how*” para reutilização destas técnicas milenares, procurou-se nesta dissertação sistematizar e padronizar as características de maior relevância. Uma correcta intervenção é aquela que considera o edifício no seu todo (não apenas fachadas), tentando preservar as suas características estruturais originais.

Em relação aos métodos utilizados para a realização desta dissertação, recorreu-se a uma abordagem teórica e experimental, complementada com recolha de informação bibliográfica de várias fontes e observações em campo das construções de alvenaria antiga.

Como abordagem teórica, entende-se uma investigação histórica, cultural e arquitectónica, em que o objectivo é compreender a concepção e a importância da construção para a sociedade, as técnicas e a mão-de-obra utilizadas na execução das construções.

A abordagem experimental encontra-se relacionada com os ensaios realizados (caracterização de secções de alvenaria e ensaio de macacos planos), que permitem o

fornecimento de dados sobre o comportamento estrutural e mecânico actual das alvenarias antigas.

Como forma de complemento de toda a investigação, a observação em campo revelou-se de extrema importância e permitiu uma ligação mais prática e clara dos conteúdos teóricos às abordagens anteriormente descritas. Tornou mais fácil a aquisição de “*know-how*” locais, e levou à sistematização e padronização das características das construções ancestrais.

## 1.2 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo principal caracterizar os edifícios antigos, anteriores ao terramoto de 1755. Serão incluídos, no estudo, edifícios do pós-terramoto, no entanto apenas serão incluídos aqueles que apresentam maioritariamente as técnicas e tecnologias anteriores a esse advento, as quais se praticaram até há cerca de sessenta anos.

Com esta caracterização, que será complementada com trabalhos experimentais *in situ* e inspecções de edifícios, pretende-se contribuir para um aumento de informação disponível sobre o comportamento dos edifícios antigos construídos em adobe e taipa, informação essa que permitirá a interpretação das anomalias mais comuns, a avaliação da segurança, a difusão de técnicas ancestrais e ecológicas e o desenvolvimento de soluções de reforço adequadas para as construções existentes.

É expectável que a leitura deste trabalho permita uma reflexão integrada sobre todo o património nacional edificado, enfatizando uma vez mais que este não se limita ao existente nos centros históricos das cidades, mas deverá considerar-se também a construção vernacular e popular dos meios rurais, construções que ainda albergam uma grande parte da população, e que progressivamente são abandonadas, esquecidas e perdidas para a natureza.

### **1.3 Organização do texto**

A dissertação encontra-se organizada numa introdução, três capítulos, conclusão e anexos. O capítulo 1 consiste na presente Introdução, sendo uma contextualização do tema, enquadramento teórico e apresentação geral do estudo desenvolvido. Descrevem-se também os métodos de estudo utilizados.

Posteriormente, o capítulo 2, apresenta a Evolução dos Edifícios Antigos até 1755, descrevendo o enquadramento histórico geral do tema, permitindo uma melhor compreensão da evolução das técnicas e tecnologias construtivas e as suas influências ao longo do tempo.

O capítulo 3 aborda de os edifícios de terra. Este capítulo subdivide-se em três sub-capítulos. Os dois primeiros, pretendem caracterizar os tipos de construção de taipa e adobe. O último, destaca os vários aspectos que apresentam em comum, assim como os ensaios e levantamentos realizados para a sua caracterização mecânica.

No capítulo 4, à semelhança do capítulo anterior, procede-se à caracterização de construções antigas, mas de alvenaria de pedra, subdividindo-se em dois sub-capítulos. O primeiro sub-capítulo em que se pretende caracterizar os vários tipos de alvenaria e no segundo onde se descrevem os vários aspectos comuns a todos os tipos de alvenaria de pedra, ensaios e levantamentos realizados que permitam uma melhor caracterização mecânica das alvenarias.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta as principais conclusões do presente trabalho e são ainda referidas algumas das possibilidades de desenvolvimento em futuros trabalhos.





## **2 Evolução dos Edifícios**

### **2.1 Descrição Geral**

Os edifícios, anteriores a 1755, classificam-se quanto à sua constituição em três grandes tipos de alvenaria estrutural: alvenaria de pedra; de terra (adobe e taipa); e tijolo. Constituem os edifícios de habitação, religiosos ou militares e ocupam, hoje em dia, parte das áreas urbanas mais antigas, os designados centros históricos. No caso das cidades de Lisboa e Porto, apresentam dois ou três pisos, podendo em alguns casos apresentar apenas um, na sua forma rural, formando manchas de dimensão menor, que funcionavam como casas de campo e quintas [1], na periferia da cidade, como é exemplo de tal facto a zona de Marvila na cidade de Lisboa. Consideram-se um Edifício Antigo, no âmbito desta dissertação, aquele que é anterior ao aparecimento do betão.

Em relação ao parque imobiliário urbano e rural, verifica-se que na segunda metade do século XX há um progressivo abandono e desinteresse pelos edifícios antigos, sendo um fenómeno mais marcado ao nível dos centros históricos dos meios urbanos e rurais. O sucessivo abandono é o resultado do desenvolvimento económico, expansão das cidades, procura de edifícios novos, mais baratos em zonas suburbanas (e periféricas das cidades), aumento da qualidade de vida, entre outros factores.

Actualmente, por toda a Europa, atravessa-se um período crítico, com a necessidade de recuperar os centros históricos e o seu património, importantes para a definição da identidade local, regional e nacional. É necessário conhecer com rigor as características do património edificado, assim como o seu estado actual de degradação. Esta análise permite avaliar com maior rigor a dimensão dos problemas a solucionar.

Na generalidade das situações, os edifícios que se encontram mais degradados correspondem aos edifícios antigos, com mais de um século, o que implica um maior trabalho e investimento ao nível de intervenções de conservação, as quais quando realizadas adequadamente permitem uma maior compatibilidade com a vida contemporânea. Assim,

verifica-se ser benéfico numa intervenção de conservação atribuir aos edifícios fins úteis semelhantes aos anteriores, obtendo-se desta forma melhores resultados ao nível da qualidade e segurança, para além de manter a autenticidade do mesmo.

Neste capítulo apenas se fará referência e descrição de edifícios antigos, com processos construtivos e materiais, que influenciaram a construção em território nacional no período antecedente ao terramoto de 1755, designando-se os edifícios de pré-pombalinos.

Toda a descrição histórica do território Português e Ibérico, efectuada neste capítulo, tem como função facilitar o entendimento do processo de aculturação que o povo Português sofreu ao longo dos séculos, determinantes para o desenvolvimento cultural e em particular do Património Edificado.

## **2.2 As primeiras construções**

*“Primitiva ou complicada a existência do Homem não pode prescindir da cabana, gruta ou casa que lhe sirva de abrigo, garantindo-lhe, pelo menos, relativa tranquilidade e repouso retemperador”*[37].

Ao longo dos últimos séculos os edifícios têm vindo a sofrer sucessivas alterações arquitectónicas e tipológicas, consoante a necessidade do Homem. Existem vestígios em que o Homem, há mais de 10 000 anos, já executava processos de construção em abrigos.

Inicialmente, grupos de nativos primitivos tinham uma vida nómada, deslocando-se em busca de alimentos e na procura de abrigos onde fosse possível permanecer temporariamente ou repousar. Desta forma, evitavam, o confronto físico com animais mais poderosos e melhor dotados para a luta. Os abrigos naturais, como grutas, foram os locais onde o homem começou a permanecer durante mais tempo e onde encontrou as condições favoráveis à multiplicação, tornando-se, com o tempo, insuficientes para o crescimento brusco da população.

O Homem, durante a utilização de abrigos naturais, tais como grutas, em que a sua permanência era mais longa, apreendeu que o amontoar de pedras, na entrada das cavernas, reduzia a área de passagem e melhorava as condições de defesa. Este processo esteve na origem da compreensão do modo de equilibrar as coisas, tornando-se no primórdio da arte de criar abrigos e muralhas arrumadas em seco. Em Portugal, existem vários exemplos na

actualidade das heranças da cultura Megalítica, como os túmulos colectivos (anta) (Figura 2.1) e de câmaras funerárias (dólmen), formadas por lajes ao alto (esteios), onde assentam lajes horizontais recobertas com terra ou pedras [23].



Figura 2.1 - Anta do Cortiço - Fornos de Algodres 2600 a.C. [74]

De modo semelhante, em regiões onde a rocha não era abundante, mas onde as árvores se encontravam em elevado número, fáceis de cortar, o Homem, com o auxílio de ferramentas e técnicas, inicialmente bastante rudimentares, ao longo do tempo aperfeiçoou a sua técnica de construção para habitação, tendo esta a sua principal função de defesa.

Numa fase posterior, o Homem conclui que embora tenha garantido a protecção contra os inimigos maiores, os mais pequenos continuam a entrar, répteis, ratos, entre outros. Como tal, acredita-se que a observação das características de lamas argilosas tenha estado na origem da sua utilização no refechamento das juntas e buracos em ambos os tipos de construção descritos. Mais tarde esta técnica evoluiu para uma argamassa primitiva que facilitaria o assentamento de pedras, adicionando-se ainda fibras vegetais e outros materiais que melhoravam o comportamento da estrutura [8].

Numa fase inicial, as coberturas eram constituídas por peças de madeira atravessadas e cobertas com folhas e canas, para se protegerem do sol e da chuva. Como não eram funcionais contra as intempéries do inverno, o Homem começou a dispor os madeiramentos com uma certa inclinação, preenchendo as juntas com as lamas argilosas, melhorando assim o escoamento das águas e evitando infiltrações [73]

## 2.3 Na Génese de Portugal

Segundo Vitruvius [73], na região da Gália e Hispânia verificava-se a existência de construções como as já descritas “*onde as casas são cobertas de colmo ou de ripas feitas de carvalho cortado em forma de telhas*”. Tudo aponta ter sido na altura da invasão do povo Romano na Península Ibérica, no século III a.C. que os nativos abandonaram a fase primitiva em que se encontravam, dando início a uma era de desenvolvimento urbano, arquitectónico, tecnológico e cultural.

Inúmeros foram os povos que influenciaram a cultura do território nacional, considerando-se os mais importantes: os Celtas, Romanos, Visigodos e Árabes, com destaque para estes últimos, que permaneceram durante inúmeros séculos em Portugal. Durante o período referido, as técnicas de execução consistiam em três tipos: observação, comparação e tentativa-erro.

Em 409 d.C. a Península Ibérica foi invadida pelos Bárbaros de origem Germânica e Persa levando à destruição do muito edificado Romano e à ruralização da economia.

Os problemas entre os povos Suevos e Visigodos estão na origem da anexação dos Suevos pelos Visigodos, federados do Império Romano. Uma maior estabilidade é adquirida com a conversão ao catolicismo dos Visigodos.

A ocupação Muçulmana ocorre em 711 d.C. (fundamentalmente Berberes e alguns Árabes), dominando a Península Ibérica por vários séculos.

Por volta de 1093, aquando da primeira investida do exército cristão, até ao Tejo, o Conde D. Henrique, foi nomeado governador do Condado de Portucale, sob a soberania de Raymundo, Conde da Galiza. Em 1097, aquele Condado já era governado independentemente. Nesta altura, iniciou-se a guerra contra os mouros. Em 1128, o Infante D. Afonso Henriques, filho de D. Teresa e do Conde D. Henrique, assume o governo do Condado e lança-se em lutas contra os mouros e leoneses, resultando sempre em vitórias, e em 1139, na fundação da Monarquia Portuguesa, com sede em Guimarães [14].

Os Romanos e os Muçulmanos foram os povos que mais contribuíram na Antiguidade para o desenvolvimento cultural e do Património Edificado. Foi graças à conjugação de vários

conhecimentos de vários povos que técnicas e saberes se foram aperfeiçoando, muito embora haja tendência para negar a contribuição destes, caindo no erro de também perder a sua qualidade.

## **2.4 Contribuição Romana**

A conquista da Península Ibérica pelos Romanos tornou-os responsáveis e impulsionadores da evolução urbanística e de uma mudança de mentalidades. Criaram o conceito cidade de forma organizada, planeada e da arte de bem construir. Assim, uma cidade deveria ter na sua envolvente abundância agrícola, facilidade de caminhos, ribeiras e portos de mar, para servir todas as suas necessidades. Eram constituídas por edifícios públicos, religiosos, militares, portuários, de espectáculos, civis, redes viárias, entre outras inúmeras edificações.

Herdaram numa primeira fase, dos Etruscos, depois dos Gregos e seguidamente de todos os Impérios que iam conquistando, principalmente a Oriente, modos específicos de vencer grandes vãos, com o auxílio do arco (vd. 2.4.2) e da arquitrave. Estas tecnologias permitiram construir grandes edifícios, como as basílicas (Figura 2.5), pontes e aquedutos. Aprenderam e ensinaram a utilizar diferentes materiais, consoante as zonas que pretendiam construir. Os Romanos contribuíram, com os seus conhecimentos empíricos e pela conjugação da prática e teoria. Segundo Vitrúvio, para projectar um edifício era necessário estar relacionado com todas as artes: saber Geometria, utilização da régua e do compasso, tomar alinhamentos e executar todas as coisas com esquadria e com nível; Óptica, aberturas para a entrada de luz e domínio dos dias; Aritmética, cálculo do dispêndio das obras, proporções, cálculo, entre outros; História, o porquê e o significado das ornamentações; Filosofia; Música, Teatros, proporções canónicas e Matemáticas; Jurisprudência, Medicina, propriedades do ar saudável e nocivo e das águas, de forma a executar uma construção sã. Para além de todas estas artes, introduziram o conceito de ordenamento dos espaços, interiores e exteriores dos edifícios. Para garantia de uma correcta disposição dos espaços, utilizavam desenhos, planos, perspectivas e proporções [73].

### 2.4.1 Materiais de Construção

Os materiais de construção e, conseqüentemente, as formas de construção e de projecto variavam por todo o império, porém os elementos essenciais eram semelhantes [26].

Utilizavam-se três tipos de argamassa de cal: uma constituída por três partes de areia de escavação e uma de cal; outra por duas partes de areia de rio ou mar e uma de cal; a terceira, por duas partes de areia de rio ou de mar, uma parte de telhas moídas e peneiradas e uma de cal. Para conferir uma maior resistência às argamassas utilizadas na alvenaria, adicionavam palha. As pedras de cal eram primeiro cozidas, no fogo, para perderem a sua humidade natural. Após esse processo de secagem, eram moídas e misturadas com a areia, onde estariam na plenitude das suas qualidades para formar uma argamassa. A areia utilizada na construção de edifícios era de escavação, de rio ou de mar. A primeira apresentava melhor qualidade para acabamentos e nenhuma deveria estar em forma de torrão nem conter pedras com uma granulometria muito grande. A cal e a areia desempenhavam um papel importante penetrando nos guarnecimentos dos paramentos e garantindo uma melhor ligação entre paramentos [73].

*“Existe uma espécie de pó ao qual a natureza atribui uma virtude admirável: encontra-se no País de Baías e nas terras que envolvem o monte Vesúvio. Este pó misturado com Cal e as Pedras torna a Alvenaria de tal forma firme, que não apenas os Edifícios normais, mas mesmo no fundo do mar, ela faz corpo e endurece maravilhosamente”.* As Pozolanas eram um material bastante importante na época e permitiram construir em locais húmidos e em que a presa era difícil. Eram constituídas por um material silicioso ou silico-aluminoso natural encontrado nas imediações do monte Vesúvio, que quando misturado com a cal hidratada e água perfazia uma argamassa de melhor qualidade que permitia a utilização na presença de água [73].

Outro material utilizado na construção da época era a pedra. Utilizavam as pedras mais brandas, fáceis de talhar, mas apenas nos interiores. As mais duras colocavam-se nos exteriores, uma vez que não corriam o risco das chuvas e do gelo as danificarem. A selecção da pedra era efectuada consoante o serviço que iria desempenhar.

Em textos de Vitruvius [73], refere-se que as pedras eram retiradas das pedreiras no Verão e expostas ao ar, num local descoberto, dois anos antes de serem colocadas na obra. Desta forma, a natureza ajudava a seleccionar as melhores, que durante o tempo de exposição sobreviviam ao mau tempo.

Não só materiais na sua forma natural eram utilizados como material de construção. Começou a fabricar-se “pedras artificiais”, os tijolos, crus ou cozidos. São feitas mais referências aos crus, por serem mais leves e com bom desempenho, desde que mantidos a secar entre dois a cinco anos. Conclui-se que nesta época os construtores tinham cuidados com a presença de humidade nos materiais, ao efectuar os processos empíricos de secagem. Os tijolos crus, podem denominar-se por adobes, uma vez que utilizavam moldes tal como estes, e o seu processo produtivo é semelhante. Adicionavam palha para lhes atribuir uma maior resistência, com o cuidado de seleccionar as areias de melhor qualidade, “benevolentes”, sem conter pedras nem ser ásperas. A produção era feita entre a Primavera e o Outono. Produziam essencialmente três tipos de tijolos: *Didoron* (comprimento, um pé, e largura, um pé e meio), *Pentadoron*, *Tetradoron*. Doron em Grego significa um palmo. Também era realizada a produção dos meios tijolos, que seriam colocados de forma alternada com os outros para obter uma estrutura mais firme Figura 2.2.

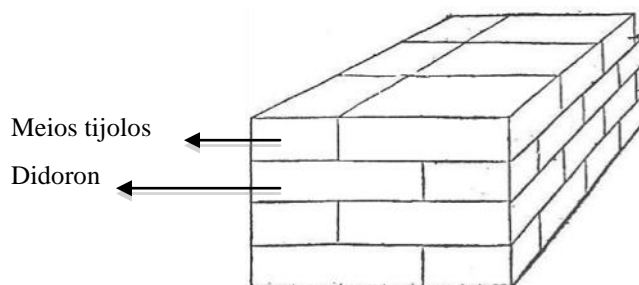


Figura 2.2 - Parede de alvenaria de tijolo [73]

Na Figura 2.2, observa-se os meios tijolos e os tijolos (*didoron*) com geometria rectangular. As juntas verticais são alternadas, apresentam dois panos bem travados entre si e cunhais bem aparelhados, do qual se conclui que existia uma preocupação com o travamento das estruturas.

### 2.4.2 Tecnologias de Construção

Os Romanos foram dos povos mais marcantes ao nível da evolução na construção dos edifícios, ao introduzirem inúmeras inovações, nos materiais, tecnologias construtivas e comportamento estrutural. Durante este período da História, várias técnicas foram introduzidas na execução das paredes de alvenaria. Usavam tijolo ou pedra à vista e preenchiam o seu interior com *bitumen*, uma forma primitiva do betão usado actualmente, utilizado para o preenchimento de vazios, muito utilizado na construção militar. Por vezes utilizavam uma argamassa de saibro, cascalho e desperdícios de tijolos e telhas para preencher um núcleo, limitado por paredes de tijolo ou de pedra.

Na alvenaria de pedra talhada, podem considerar-se duas espécies, a *Reticulatum* (juntas formam diagonais oblíquas) e *Insertum* (juntas direitas e horizontais continuas e juntas verticais descontínuas com pedras travadas umas nas outras). Esta última subdivide-se em duas, uma que é a *Insertum* e a outra que é a chamada *estrutura dos Gregos*. Distinguem-se uma da outra pelo facto de a *Insertum* apresentar paramentos iguais e na *Estrutura dos Gregos* as pedras serem ligadas da mesma forma mas entre duas pedras deitadas de frente existe uma ao cutelo que faz paramento dos dois lados, em que a face dos paramentos corresponde a cerca de metade das outras [73].

Os romanos aplicaram o sistema de descarga, por questões estruturais, sobre espaços vazios, como portas e janelas, em que os lintéis ficam sujeitos às cargas dos panos de cima. Os sistemas de descarga eram bastante úteis, tendo em conta que os edifícios funcionavam essencialmente à compressão. Apenas eram utilizados no rés-do-chão (como suporte a pisos superiores) e sobre aberturas, poderiam ser em arco de abóbada ou num sistema triangular. O sistema de arco em abóbada consistia no redireccionamento de cargas verticais através do arco para o pé-direito, de modo que a zona do lintel não abatesse (Figura 2.5 e Figura 2.6 ). O sistema triangular, consiste na zona do pé-direito, por cima do lintel, com duas vigas que se coloquem de forma oblíqua, formando um triângulo juntamente com o lintel, com ângulo tal que todas as cargas verticais possam ser transmitidas pelo triângulo para as paredes resistentes (Figura 2.3 e Figura 2.4). Embora a utilização do arco apareça associado à contribuição romana, apenas se deve ao facto de estes o terem utilizado com grande exaustão. Tanto o arco como o sistema de descarga em triângulo já existiam muitos séculos antes do povo Romano, cerca de 2000 a.C. no Egipto.



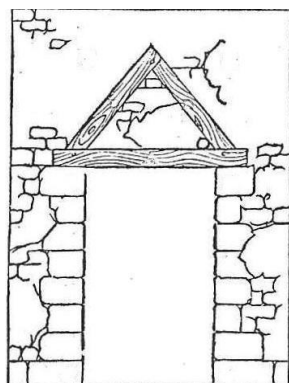


Figura 2.3 - Sistema de descarga triangular [73]



Figura 2.4 – Forte São Sebastião da Caparica (1571 d.C.)

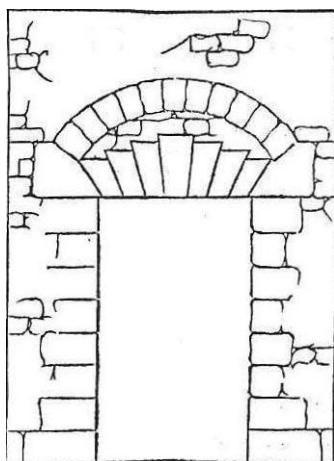


Figura 2.6 – Sistema circular de descarga [73]



Figura 2.5 – Basílica romana de Volubillis - Marrocos

Para defesa das cidades, foram erguidas muralhas em seu redor, construídas abrindo dois grandes fossos num e em outro lado de um sulco, nos quais eram erguidas paredes de pedra. A parte exterior da muralha era construída desde grande profundidade evitando que fossem escavados túneis. Os merlões (partes mais altas) e as ameias (partes mais baixas) eram colocados na parte exterior. A parte interior da muralha era construída alguns metros mais alta para evitar que pedras e setas atingissem o interior da cidade. Nas pedras utilizadas na construção das muralhas era efectuada, uma abertura que servia para as ligar entre si. As

ligações eram de ferro em forma de I e sobre estas deitavam chumbo derretido, de modo a garantir que as ligações ficassem efectivamente seguras [40].

A construção das paredes era efectuada com o auxílio de guindastes que desciam as pedras e as colocavam no respectivo lugar. O guindaste consistia numa roda gigante com homens no seu interior, semelhante à utilizada mais tarde no sistema gótico (vd. 2.7). Utilizava os homens como fonte de energia, que ao marcharem no interior da roda giravam o eixo com uma corda presa que enrolava e desenrolava neste.

As portas das muralhas eram constituídas por três passagens abobadadas, duas para passagens laterais e uma para a estrada. Na execução do troço de entrada, começava por se levantar as paredes de ambos os lados da estrada. De seguida colocava-se o cimbres (vd. 2.7 e Figura 2.24), apoiado de um lado e outro da parede, em pedras salientes. Consoante se ia concluindo um arco, o cimbres era puxado para a frente de forma a construir o arco seguinte encostado ao anterior. Procedia-se desta forma sucessivamente em toda a espessura da muralha, ficando o tecto de secção semicircular. A este tipo de abóbada é dado o nome de “*abóbada de berço*” (Figura 2.7, Figura 2.8 e Figura 2.9). As passagens laterais eram cobertas por uma abóbada executada de modo análogo [40].

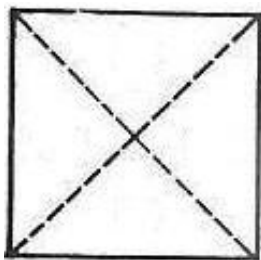


Figura 2.7 – Abóbada de Berço (Planta) [36]

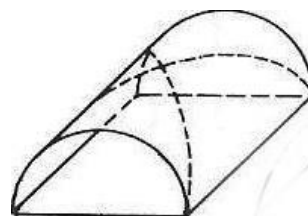


Figura 2.8 – Abóbada de Berço (Perfil) [36]



Figura 2.9 - Abóbada de Berço - Forte São Sebastião da Caparica (1571 d.C.)

As fundações das muralhas eram executadas em terreno firme e sólido, até uma profundidade que se considerasse necessária para encontrar as condições requeridas. A largura da fundação devia, no mínimo, ter um terço a mais que a largura das muralhas.[73]

As tecnologias construtivas descritas anteriormente permitiram, juntamente com os materiais de construção, erguer inúmeros edifícios públicos, civis e militares. Um grande número destes edifícios erguidos pelos Romanos funcionava como zonas de encontros populares, como as termas, circos, os estádios e a basílica. A basílica (Figura 2.5) era o principal ponto de encontro coberto e desempenhava muitas funções, algumas das quais tribunal, sala de negócios, entre outras. A basílica, com o passar dos séculos, tornou-se a base das primeiras igrejas cristãs. É o elo de ligação entre a arquitectura da antiga Roma, a de Bizâncio e a arquitectura românica do futuro [26].

## **2.5 Contribuição Moçárabe**

A palavra moçárabe, deriva de “Mustarib” que significa “tomado árabe”. O quadro peninsular califal que marca a época, não foi propício a um grande desenvolvimento da arquitectura. Como tal consistia essencialmente na absorção de técnicas e tecnologias construtivas da época romana e visigótica que os muçulmanos reaproveitaram e reestruturaram, como por exemplo criaram formas “compósitas” do arco, o arco de ferradura (Figura 2.10) [50]. O arco ultrapassado, em ferradura ou árabe, não é de origem Muçulmana, já se encontrava presente na Península Ibérica quando o invasor chegou. Era o arco que vinha do domínio visigodo, foi assimilado pelo povo muçulmano dando-lhe diferentes formas estruturais e plásticas. Predomina em todos os edifícios, assentando sobre colunas por intermédio de capitéis, que muitas vezes são de origem visigótica ou romana, excepto em edifícios religiosos. Era utilizado muitas vezes como passagem aérea sobre uma rua, ligando os primeiros andares com uma janela que permitia observar toda a rua.

A arquitectura portuguesa, sobretudo na região Alentejana e Algarvia, integrou elementos importantes da arquitectura muçulmana num conjunto de elementos construtivos e decorativos. Os centros urbanos islâmicos em território português aglutinaram em grande parte as áreas urbanas tardo-romanas que existiam, aproveitando por vezes restos de edifícios

Romanos para construir outros seus. As igrejas também foram “absorvidas” e adaptadas à religião muçulmana, podendo observar-se muitas vezes, na arquitectura, influências de várias épocas.



Figura 2.10 - Arco  
Ultrapassado - Azilah

A cúpula ou abóbada hemisférica é elemento característico em alguns locais do Alentejo, em forma de abobadilha coberta com telhas, consequência de uma adaptação ao edifício, possivelmente por razões de infiltração e de integração nas construções [67]. Existem diferenças na nomenclatura, dependendo da zona. Distinguem-se pelo posicionamento do tijolo e chegam a cobrir vãos de 7 metros com flechas de 0,3 metros, que neste caso, obrigam a colocação ao cutelo, do tijolo, para ter uma maior área de aderência. Quando havia necessidade de uma presa rápida, utilizava-se gesso [50].

Tornaram-se peritos nas construções geométricas, fabricaram mosaicos, azulejos quadrados, utilizaram a taipa (vd. 3.2 e Figura 3.2), arquitectaram os moldes para o fabrico dos adobes (vd. 3.3 e Figura 3.9). Estes permitiam uma construção rápida e com paredes direitas, evitavam a penetração do calor, mantendo as casas frescas [71].

Desenvolveram sistemas de defesa, de rápida execução, em taipa. Surgem por vezes sobre antigas fortificações, com novos dispositivos de defesa, como as torres albarrãs, portas em cotovelo e as couraças. Adaptavam-se ao terreno onde estavam implantados, empregando a técnica construtiva de taipa militar (vd. 3.2.4 e Figura 2.11) em troços rectilíneos. Na sua execução utilizavam os solos disponíveis localmente, erguendo de forma rápida e económica, garantindo a protecção das cidades. O amuralhado apresentava várias torres adossadas e uma ou várias torres albarrãs, afastadas deste, assim como, um passadiço superior que dava acesso

ao adarve. As torres apresentavam planta quadrangular (Figura 2.11). Devido à influência bizantina, podiam apresentar forma octogonal, caso do Castelo de Paderne [41].



Figura 2.11 – Muralha de taipa da medina Méknes - Marrocos

## 2.6 Contribuição do Românico

O Românico aparece no território Português no século XI. Mantém-se aproximadamente durante dois séculos e foi fortemente implantado na região norte do país, sobretudo entre o Douro e o Minho. A sua influência nos edifícios traduz-se essencialmente na arquitectura religiosa ( Figura 2.13 e Figura 2.12).

Nesta época, o Homem era simples, hábil e pouco dado a grandes emoções, camponeses e artesãos acompanham os seus senhores nas cruzadas. O povo não tem qualquer acesso às políticas, intelectualidades, ou criação de património cultural duradouro, assuntos apenas da nobreza e clero.

Esta época, como a que posteriormente será analisada, a Gótica, influenciaram principalmente os edifícios religiosos, como anteriormente foi descrito. Eram as ordens religiosas que detinham o conhecimento das várias ciências. Caracteriza-se pela utilização do arco de volta inteira/circular (Figura 2.14, Figura 2.15 e Figura 2.19 ), característica do período Romano, que consequentemente dá nome a esta época medieval, dez séculos mais tarde. Para além de uma maior utilização do arco em construções de grande dimensão, a utilização de paredes divisórias surge como inovação. Estas duas características surgem na construção de igrejas. Eram edifícios monumentais, de grande imponência, muitas vezes

semelhantes a castelos seculares, uma vez que nesta época o imperador é a personificação da onnipotência divina, até à entrada em conflito entre papas e imperadores [36]. É nas igrejas deste período que é possível encontrar a verdadeira traça arquitectónica. Seguiam quase sempre o tipo basilical, com nave, cabeceira (ou coro) e transepto [23].



Figura 2.12 - Igreja S.Miguel do Castelo - Guimarães (séc. XIII)

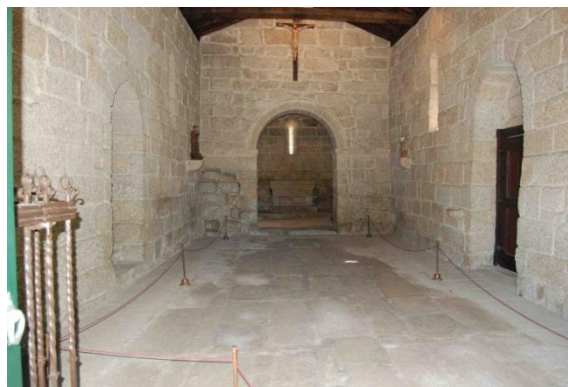


Figura 2.13 - Igreja de S.Miguel do Castelo (interior) - Guimarães (séc. XIII)

Utilizavam-se materiais pétreos, tendo em conta todas as suas boas características (grande durabilidade, elevada resistência ao fogo e à compressão), prestigiava a função religiosa que desempenhava. Predominava o granito nortenho, mas também o calcário de Lioz na zona de Lisboa [23]. Eram utilizadas para erguer as paredes das igrejas, nos sistemas de descarga. A utilização dos arcos permitia a construção das abóbadas, vencer maiores vãos, com menos material, construindo edifícios de maior dimensão e volume interior disponível.

A construção dos arcos e das abóbadas era feita com o auxílio de um cimbre (Figura 2.24), que era um suporte provisório de madeira que apenas era retirado no final da obra. As pedras com geometria trapezoidal eram dispostas sobre o cimbre. A última a ser colocada era a do centro, que se designa como a pedra de fecho (deveria ter uma forma em V). As pedras, trapezoidais, devem ter tamanhos diferentes e a espessura aumentar em altura da secção do arco e da abóbada, para que a transmissão de tracções entre pedras seja feita de forma mais eficiente. Desta forma garante uma maior estabilidade e rigidez do arco após a retirada do cimbre. Ao retirar-se o molde, as pedras exercem força umas nas outras, transmitindo impulsos laterais entre si, que se acumulam e transferem para a base da abóbada (na zona de ligação com a parede), com direcção oblíqua em relação ao eixo das paredes, podendo provocar deslocamento lateral ou encurvadura das paredes de suporte ( Figura 2.15). Se a parede não tiver a espessura suficiente, a abóbada entra em colapso, uma vez que a linha de



impulsos sai fora da parede (Figura 2.20). Na procura de estabilidade, as paredes, neste período, tornam-se muito espessas e maciças, obrigando a linha de impulsos a cair dentro delas ( Figura 2.20 ). Em consequência, as aberturas, como janelas e portas, são poucas e de reduzidas dimensões, devido ao excessivo peso destas construções [43].

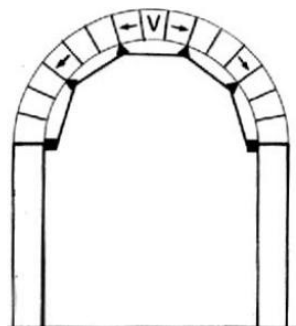


Figura 2.14 –  
Funcionamento de arcos em  
pedra [43]

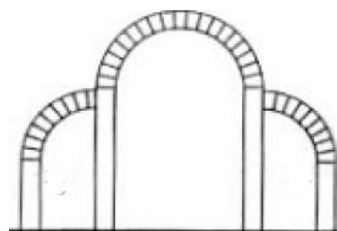


Figura 2.15 – Esquema  
estrutural românico [43]

As paredes divisórias surgem com a necessidade de separar o clero e os laicos. Eram colocadas entre o coro (reservado aos clérigos) e a nave central (para os laicos). Possuíam uma ou duas passagens e uma tribuna com sacada (para os cantores). As divisórias foram destruídas na sua grande parte na idade média, por impedirem a visão do “sacrifício” durante a missa [36].

A arquitectura militar, no início desta época, apresenta pouca evolução, sem novidades relativamente ao período anterior. Com o passar do tempo, surge o conceito de uma defesa activa, com o uso de várias torres, ao longo da cortina de muralha e colocação isolada centrada da torre de menagem no interior da fortificação ( Figura 2.16).



Figura 2.16 - Castelo de Guimarães

Na arquitectura civil, apenas se conhece como contributo algumas pontes do século XIII em Canaveses, Amarante e Águeda e duas cisternas, uma em Lamego e outra em Bragança, conhecida como Domus Municipalis [23].

## 2.7 Contribuição Gótica

No final do século XII, dá-se a passagem das catedrais e igrejas Românicas para as Góticas. É uma evolução e modificação estrutural das primeiras, juntamente com a adaptação às necessidades e ambições da sociedade civil e religiosa da época. Era necessário tornar as edificações amplas e com mais luminosidade conduzindo à procura de novas soluções para tornar as paredes mais esbeltas, o que diminuía a capacidade de suportar os esforços horizontais. Estilo distinto do Românico, o Gótico, mais livre, levou, em Portugal, à adaptação de inúmeros edifícios, iniciados no período anterior. Foi necessário articular e aprender a coexistir com os dois períodos ao longo do século XIII ( Figura 2.17).



Figura 2.17 - Igreja Matriz de Barcelos (construída durante o período Românico e ampliada no séc. XIV durante o período Gótico)

A construção de catedrais era uma obra faseada, devido à sua dimensão e custos associados. Construíam numa primeira fase o coro e abside (de forma a desempenhar a função religiosa). Mais tarde iniciava-se o desenvolvimento longitudinal (transeptos e naves) consoante os financiamentos. As edificações poderiam demorar mais que um século até estarem concluídas. Eram obras de grande envergadura, em que se recorria a grandes tecnologias da época, como sistemas para elevar as pedras e o betão até ao telhado, para a



construção das abóbadas. Para o efeito, recorreu-se ao cabrestante e à roda. O cabrestante era uma máquina destinada a içar ou arrastar pesos, que consistia num tambor com uma corda muito comprida presa a ele, era apoiado de ambos os lados e ao rodá-lo enrolava a corda e içava o que a ela estava presa. A roda (Figura 2.18) tinha que ser suficientemente grande para caberem dois homens no seu interior, onde lhe passava um eixo ao qual estava presa uma corda que iria içar os materiais. Era assim possível elevar materiais muito pesados, com o marchar dos homens [39].

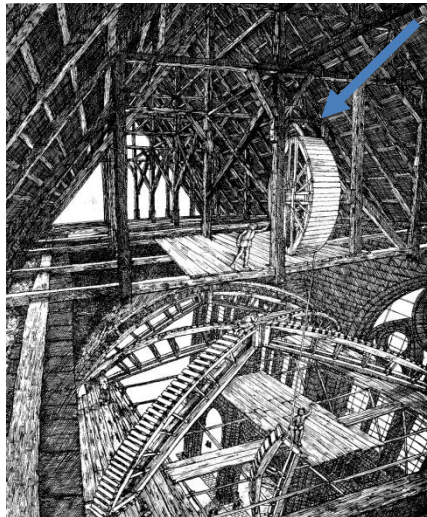


Figura 2.18 – Roda manual como sistema de elevação de materiais [39]

Os trabalhos pesados eram executados por trabalhadores sem qualquer habilitação especial, os que tinham habilitação, os mestres artesãos, eram colocados numa oficina da sua especialidade com um grande número de aprendizes e ajudantes.

Neste período medieval, as grandes preocupações prendiam-se com o suporte das coberturas, devido ao aumento dos vãos nas estruturas, que se queriam cada vez maiores. Acontece que, quanto maior a cobertura, maior o seu peso e, conseqüentemente, maiores os impulsos horizontais, na ligação da cobertura com os muros de suporte, originando problemas de estabilidade. Utilizavam o arco de abóbada para sustentar a cobertura, originando grandes impulsos horizontais no topo da parede, obrigando a recorrer a maiores espessuras da parede, originando os muros contrafortes. A cobertura afecta toda a forma, aparência e solução construtiva da estrutura. Quanto maior e mais pesada for a cobertura, mais espessas terão que ser as paredes, de modo a garantir que os impulsos laterais originados se mantenham no seu interior.

Surgiu, deste modo, a necessidade dos construtores da época desenvolverem formas para que os esforços das estruturas se transformassem unicamente em esforços de compressão.

O mais antigo e eficaz método de construir edifícios é a alvenaria. Tem como principal vantagem o facto de não gerar tracções e se adaptar ao dimensionamento primário de que na época se dispunha. A sua resistência à compressão nunca foi problema, se for tido em conta que a compressão solicitada, quando comparada com a sua resistência, é quase desprezável. Os problemas existem quando associada à componente vertical da carga está uma horizontal (caso das coberturas), surge o perigo de estabilização, não devido à falta de capacidade resistente da parede, mas pelo facto da linha de impulsos não passar exactamente pelo centro da parede e deslocar-se para um dos lados, com risco de sair para o seu exterior.

Para manter a linha de impulsos dentro da parede, existem dois tipos de soluções. A primeira, empírica e mais utilizada, consiste no aumento da espessura da parede, garantindo que a linha de impulsos se encontre dentro da parede, anulando as tracções através do seu peso, podendo ser observado nas igrejas Românicas ( Figura 2.17, Figura 2.19 e Figura 2.20).

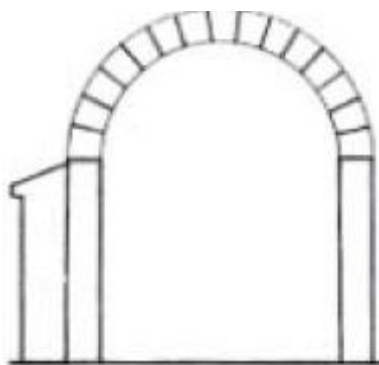


Figura 2.19 - Esquema Estrutural Românico [43]

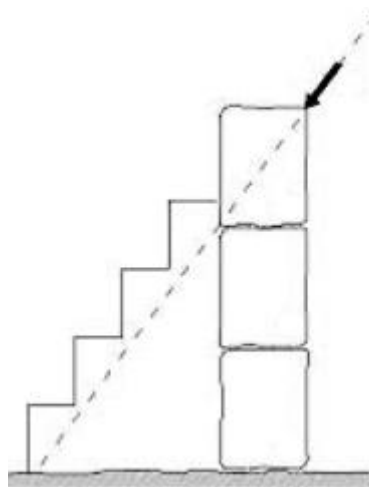


Figura 2.20 - Linha de Impulsos [43]

Com o conhecimento de que o incremento da espessura das paredes aumentava, consequentemente, o seu peso e originava o verticalizar das forças actuantes, surge uma outra possibilidade de adoptar um processo artificial para o efeito. Ao adicionar-se um peso no topo da parede, reduz-se a excentricidade e aumentam-se as forças verticais actuantes. Desta forma a linha de impulsos passa dentro da parede e surgem os pináculos e estátuas no topo das paredes (Figura 2.21) como força vertical extra. Passam a fazer parte integrante da estrutura

ao mesmo tempo que são um ornamento. Esta inovação gótica permite a diminuição da espessura das paredes. [43].

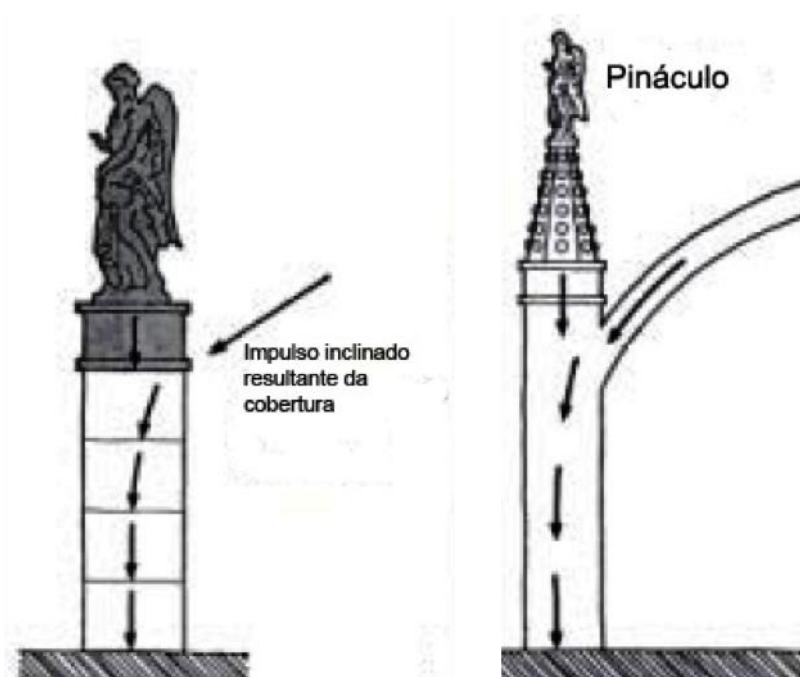


Figura 2.21 - Pináculos - Linha de Impulsos [43]

Os construtores medievais, nesta época, acreditavam na pureza da geometria e na perfeição das formas circulares, pelo que numa primeira fase da traça gótica cruzavam-se dois semi-arcos circulares, que se encontravam no topo, fazendo assim a primeira aproximação ao arco gótico, ou ogival [43]. A nova forma permitia que os arcos e as paredes fossem mais finos e transportassem eficientemente as cargas. No entanto era insuficiente para abrir grandes vãos nas paredes para a inserção de janelas. Era necessário transferir as cargas provenientes da abóbada da cobertura sem recorrer às paredes laterais, liberando-as para a abertura de vãos. O objectivo foi conseguido ao converter a abóbada simples românica em superfícies de dupla curvatura, criadas sobre arcos ogivais diagonais cruzados no fecho da abóbada. Dando origem a uma estrutura mais estável, com reduzida rigidez e com menor gasto de material. Ao reduzir o impulso horizontal, anula-se grande parte da flexão e consequentemente das tracções geradas nas paredes resistentes[43].

As cargas geradas pela abóbada passam a ser transmitidas aos arcos diagonais que se cruzam e repousam unicamente sobre quatro pontos de apoio (Figura 2.22 e Figura 2.23), libertando as paredes laterais de assegurar a resistência do edifício, podendo dar lugar a janelas, não participando na estabilidade da cobertura. Para que a abóbada fique completa e se

liberte totalmente das paredes robustas típicas da construção românica, existem mais quatro arcos complementares, dois laterais e dois transversais. Todos os arcos transportam as cargas unicamente para os quatro pontos de apoio. É nestes locais que surgem os maciços de contraforte que transmitem as cargas para os maciços de fundação ( Figura 2.25).

A construção da abóbada era dividida em três fases. Numa primeira, colocavam-se os cimbres na posição dos arcos cruzados. Numa fase posterior, eram içadas as pedras aparelhadas, colocando-as em cima dos cimbres e ligadas com argamassa pelos operários, nos seus respectivos lugares. A pedra de fecho era a última peça a integrar a estrutura e que iria manter todas as outras no seu lugar. Por último, os carpinteiros instalavam uma série de tábuas de madeira, designadas como tábuas de revestimento, cofragem, abarcando toda a área entre dois cimbres. Sobre estes, dispunha-se uma camada de enchimento do material mais leve possível (tijolo maciço), com juntas de argamassa. Acima desta, era colocada uma camada final de pedra e argamassa para impedir a abertura de fendas. Os cimbres só eram retirados após a total secagem dessas camadas. A abóbada ficava completa com a intervenção dos estucadores na parte interior (intradorso), rebocando e pintando-a [39].

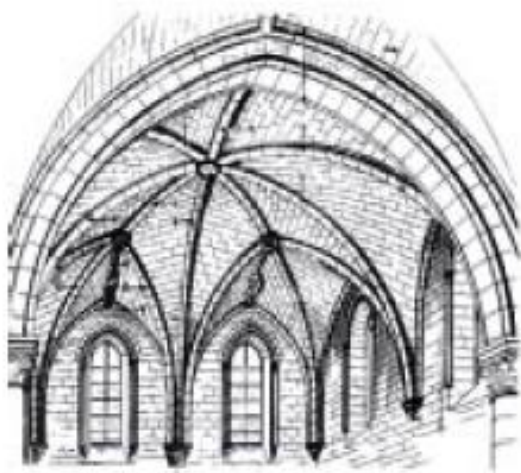


Figura 2.22 – Perspectiva esquemática da abóbada [43]



Figura 2.23 - Cisterna do Forte de Mazagão - Marrocos (1541 d.C.)

Para evitar a introdução de maciços de contraforte, para equilíbrio dos impulsos horizontais, no exterior da catedral, os construtores desta época desenvolveram o arcobotante, que faz a ligação entre as colunas interiores e os arcos diagonais, apoiando-se no exterior da catedral num muro-contraforte (Figura 2.25). Para a construção dos arcobotantes, era necessário a utilização de um cimbra (Figura 2.24). Eram construídos primeiro no solo pelos carpinteiros e de seguida elevados para o lugar pretendido, seguros em uma das extremidades

aos pilares e em outra ao contraforte. Serviam tanto de moldes como de arcobotantes provisórios, até a construção em pedra estar terminada [39] .

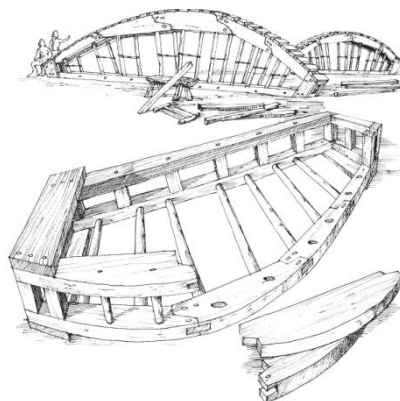


Figura 2.24 – Cimbres utilizados na execução de arcos [39]

A maioria das catedrais góticas possui três naves (Figura 2.25), sendo a central a mais elevada. A abóbada da nave central descarrega sobre quatro pontos, pilares, que se situam na fronteira entre esta e a nave lateral. Os impulsos horizontais gerados pelos arcos diagonais são dirigidos pelos arcobotantes para o exterior até ao muro-contraforte, que por sua vez descarrega para o maciço de fundação. Os impulsos vão sendo assim desviados da coluna interior para o exterior através do transvase de cargas pelo arcobotante, tal como descrito anteriormente [43]. O desenho geométrico do muro-contraforte é importante de modo a que a linha de impulsos caia sempre no seu interior. Pode apresentar-se na forma de degrau dependendo das cargas (Figura 2.20). A esbelteza dos muros-contrafortes pode ser conseguida com a acção de verticalizar das cargas, num processo já descrito em cima, com a colocação de estátuas e elementos decorativos no topo. A colocação destes elementos contraria o desmoronamento originado pelos arcos e abóbadas, por deslizamento ou rotação, através da aplicação de um “*pré-esforço*” na estrutura, com o objectivo de aumentar a componente vertical do impulso, logo diminuir a horizontal, eliminando os esforços de tracção. [43]

Para executar as fundações ( Figura 2.25), começava-se por efectuar uma limpeza ao terreno onde iria ser construída a catedral, o que poderia implicar a demolição e transferência de habitações. Após essa primeira intervenção de limpeza do terreno, marca-se por meio de estacas de madeira a localização da abside e do coro. Os caboucos para os alicerces eram constituídos por grossas paredes de pedra, entre os sete metros e sete metros e meio, que iriam sustentar todo o edifício. Essas paredes eram de alvenaria de pedra, com juntas de argamassa de cal e areia, executadas pelos pedreiros da época, sobre duas camadas colocadas em uma fase anterior. As camadas consistiam em uma de argila sob uma de calhaus de dimensões pequenas [39].

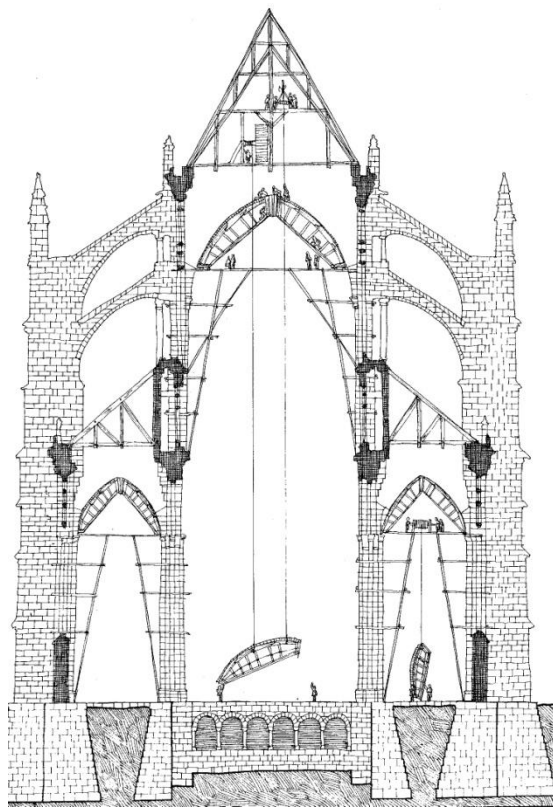


Figura 2.25 - Corte de Catedral Gótica [39]

Conclui-se, assim, que a essência da tecnologia gótica está no cruzar dos arcos ogivais, libertando as paredes, verticalizando as cargas com o pré-carregamento no topo e no transvaze dos impulsos horizontais para o exterior. Originou-se catedrais com uma altura imponente capazes de “esmagar” o povo e com espaço suficiente para albergar toda a comunidade numa cerimónia. Tratando-se de um local de grande importância cultural, teria que ser construído com o material mais nobre que pudesse existir, como o material pétreo. Deveria ser um local bem iluminado, com muita luz, sendo esta “*a mais clara e manifestação de Deus*”, segundo S. Agostinho.

### **3 Caracterização da Construção em Terra**

#### **3.1 Caracterização Geral**

A experiência da construção em alvenaria de pedra, as facilidades e dificuldades que daí advinham, promoveram as regras dos sistemas construtivos tanto em adobe (v.d. 3.3) como em taipa (v.d. 3.2). Adaptou-se as dimensões das alvenarias em terra, às necessidades de cada construção, resolvendo os problemas que se encontravam com os blocos de pedra, resultantes do transporte e da montagem da alvenaria [15].

Pretende-se com este capítulo identificar e caracterizar os edifícios antigos construídos em terra, dando a conhecer as suas técnicas e tecnologias construtivas de origem pré-pombalina. O seu conhecimento é fundamental para que no futuro se proceda a reparações e manutenções eficientes

A construção em terra é a técnica utilizada em Portugal há alguns séculos enquanto que noutros países do mundo a sua utilização data de há milhares de anos. Na cidade de Jericó que data possivelmente, de 8000 a.C., foram identificadas construções com aplicação da técnica dos adobes, datados de 6800 a.C., em cabanas circulares. Na Península Ibérica a utilização da terra é considerada uma prática pré-histórica, existindo locais arqueológicos que servem de testemunho da sua utilização em elementos construtivos, no Neolítico, Calcolítico e também na Idade do Ferro [50].

A sua utilização foi identificada em seis dos sete continentes [19] e considera-se que, na actualidade, as edificações em terra ainda servem de abrigo a cerca de 30% da população mundial, aproximadamente 50% da população dos países em desenvolvimento, incluindo a maioria da população rural e pelo menos 20% da população urbana e suburbana [31].

Existe alguma controvérsia sobre qual o povo que introduziu na Península Ibérica as técnicas construtivas em terra, se os Fenícios, os Cartagineses, os Romanos ou os Muçulmanos. Apesar de desconhecida a sua origem, é certo que todos estes povos

influenciaram um pouco do território ibérico, mas foram os Muçulmanos que mais divulgaram e generalizaram estas técnicas construtivas [18].

Somente há cerca de cinquenta/sessenta anos é que se verificou o abandono da construção em terra em Portugal, privilegiando-se o uso do betão. Como tal, muitas pessoas ainda habitam em construções de terra, algumas mais recentes com cerca de sessenta anos de existência, mas a grande maioria com um ou mais séculos. Como o próprio nome do método de construção indica, construir em terra é construir com material que a natureza fornece, sendo mais económico, rápido e eficaz para os fins pretendidos. A terra permite uma infinidade de aplicações, apresentando várias vantagens na sua utilização como material natural, reciclável, ecológico e sustentável. Os edifícios construídos neste material apresentam boas propriedades acústicas e térmicas, permitindo nos meses de Inverno conservar o calor nas habitações e nos meses de Verão reter no espaço interior o ar fresco. Estes atributos contribuíram para que a terra fosse utilizada em várias edificações, desde vernáculos, palácios, fortificações, igrejas, entre outras. Estas construções tornaram-se parte integrante do nosso património. Tome-se como exemplo a região sul do país, onde a construção em terra foi utilizada massivamente.

Hoje em dia, ainda se identifica de norte a sul de Portugal Continental construções deste tipo. É possível observar que a sua área de implantação abrange o Algarve, Alentejo, Ribatejo, Estremadura e a Beira Litoral, sendo predominante, tal como já referido, na zona sul do país, no entanto, também no norte é possível a observação de construções em terra, principalmente no interior da habitação [65].

Em Portugal Continental pode, verificar-se essencialmente dois tipos de construção em terra: o adobe e a taipa. As paredes constituídas nestes materiais são heterogéneas, mas podem classificar-se como homogéneas quanto aos materiais utilizados na sua construção, no sentido em que existe um predomínio (ou exclusividade) de um material [51]. A cada tipo de construção de terra estão associadas algumas variações que caracterizam a zona, com origem em saberes e tradições das populações locais. Embora a construção em terra tenha maior expressão nos edifícios de habitação, encontram-se exemplos de edificação de palácios, castelos, torres, igrejas e muralhas, estas últimas presentes nas muralhas do castelo de Silves, Tavira, Alcácer, Paderne e Salir.



Tendo em conta factores históricos, culturais, climáticos e geológicos, pode concluir-se que a taipa (vd. 3.2) se encontra na região sul, enquanto os adobes na região centro e zonas do norte do país.

De um modo geral, as construções em terra, são utilizadas sobre uma fundação de alvenaria de pedra corrente, criando uma barreira que evita ou limita o contacto com a água, sobre a qual se elevam as paredes até à altura pretendida e onde posteriormente assenta a cobertura. Ocasionalmente, foram encontrados casos no distrito de Santarém (ANEXO I e ANEXO III) em que as paredes eram assentes directamente no solo, podendo nestes casos se desenvolver graves problemas de humidade.

No exterior do edifício era comum encontrar-se incorporado à fachada contrafortes ou gigantes (Figura 3.1). A sua presença era necessária nas seguintes situações: na ausência de fundações; presença de abóbadas ou arcos no interior da habitação; em coberturas de grande vão; e/ou inexistência de paredes interiores que fizessem um adequado contraventamento. Apresentavam-se numa forma triangular maciça, posicionados perpendicularmente e solidarizados às paredes, melhorando substancialmente as condições de equilíbrio [51]. Podiam ser executados em taipa, adobe ou tijolo maciço. Os cunhais eram um outro local de reforço comum, com recurso a tijolo maciço (Figura 3.7) ou com xisto deitado. É possível observar bancos e lajedos em pedra, junto às fachadas principais de edifícios rurais de habitação, que desempenhavam função similar aos contrafortes e evitavam ainda que os salpicos da chuva atingissem a base da parede.



Figura 3.1 – Contraforte localizado no concelho de Coruche

Os edifícios construídos em terra, quando não são providos de uma boa manutenção, degradam-se rapidamente, embora alguns deles, sem qualquer conservação ou com conservação precária, se mantenham erguidos, com oitocentos anos, como é o caso das muralhas do Castelo de Alcácer do Sal [16], outros com menos idade mas que sobreviveram ao grande terramoto de 1755 e ao clima.

É de considerar que apesar de todas as características positivas que estes edifícios demonstram ter para a sociedade, estes têm uma resposta muito deficiente às acções horizontais provocadas pelos sismos, que se deve, principalmente, à sua fraca resistência à tracção e ausência de ligações transversais adequadas entre as várias partes da estrutura tornando o comportamento da estrutura frágil.

Nas zonas rurais, havia a preocupação em orientar as casas, anexos e dependências agrícolas a sul, provendo-as de maiores ganhos solares. As habitações eram geralmente compostas por um corpo rectangular principal, em que nos meios rurais eram compostas unicamente por um piso térreo e, em caso de necessidade de criar novos espaços, ampliava-se na horizontal. Em zonas urbanas, as habitações podiam atingir os dois pisos [69].

Aquando da construção de paredes em terra, era necessário ter alguns cuidados, tais como: evitar a actuação de esforços inclinados sobre as paredes; assegurar as ligações dos guarnecimentos em madeira de portas e janelas e dispô-los de modo a que sejam autoportantes tanto quanto possível, tentando não sobrecarregar as ligações à parede; evitar plantas irregulares com muitos cantos e arestas.

Na realidade portuguesa, na maioria das situações em que existem edifícios de adobe e edifícios de taipa, sugere-se a utilização do primeiro como técnica mais recente e o último como ancestral. Nos casos de coexistirem, num mesmo edifício, os dois tipos de técnicas construtivas, é certo que foi devido a remodelações em diferentes momentos da sua história.

## 3.2 Construção em Taipa

### 3.2.1 Descrição Geral

O material empregue e a técnica de construção que utiliza têm a mesma designação, taipa. Resulta na elevação *in situ* de estruturas monolíticas através da compressão de terra entre taipais (cofragem), em camadas. É original da palavra árabe *tabíya*. As técnicas associadas a este tipo de construção em terra, seguem normas consagradas por uma longa prática de séculos (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Ksar em Ouarzazate - Marrocos

No norte e centro do país, é comum a utilização da terminologia *taipa* para identificar duas técnicas muito distintas, sem relação com a que é explicada neste capítulo, sendo elas: a *taipa de rodízio* e de *fasquio*.

A *taipa de fasquio*, normalmente utilizada em pisos superiores, compõe-se de uma estrutura de tábuas de madeira, colocadas na vertical, designando-se por taipal ao alto. Sobre este, é colocado um segundo pano de tábuas na diagonal, travadas, por último, com ripado horizontal, o fasquio. Esta técnica é aplicada sobre as paredes de alvenaria de pedra e assente

nos frechais (vd. 4.3.2), em caso de inexistência deste apoio, o seu travamento poderá ser garantido através do encaixe e travamento das vigas na base de pedra do piso térreo.

A *taipa de rodízio* é uma técnica utilizada em paredes interiores e exteriores e normalmente em pisos superiores. É constituída por uma estrutura de vigas de madeira, que funciona como um esqueleto, com alguma elasticidade e preenchida por alvenaria de tijolo maciço, acompanhado com argamassa (ANEXO I - Figura I - 5).

É comum encontrar a construção em taipa em zonas com clima seco e quente, o que se verifica a sul de Portugal continental, nomeadamente: Ribatejo (Abrantes e Santarém), Alentejo, Algarve (a sul das Serras de Monchique e do Caldeirão) e também em alguns locais pontuais do centro e norte litoral. Embora seja uma técnica predominantemente rural, era usada em zonas urbanas para erguer empenas.

Este tipo de técnica construtiva encontra-se presente e utilizada com grande exatidão no Alentejo, onde se encontra a maior parte do património edificado com esta técnica. Utilizada para erguer edifícios essencialmente habitacionais, com planta simples, rectangular, de piso térreo e com paredes nunca inferiores a 40 cm de espessura (que é a largura mínima para um homem poder trabalhar dentro dos taipais e compactar a terra). É um material altamente resistente, mas necessita de ser contraventada quando a edificação apresenta mais do que um piso.

No âmbito do presente estudo, foram efectuadas visitas e ensaios a edifícios antigos construídos em terra. Foi através do contacto directo com as populações locais, sobretudo a população mais idosa, que se tornou possível identificar alguns edifícios antigos, a época da sua construção, o seu estado actual de conservação, e efectuar uma análise tipológica e morfológica da arquitectura rural. Observou-se que a habitação tradicional, principalmente no meio rural, caracteriza-se por uma forma rectangular simples, composta por piso térreo e, em meio urbano, pode apresentar um ou dois pisos. Quando existia necessidade de aumentar o edifício, este era realizado na horizontal. Quanto à tipologia em planta, a habitação rural, em taipa, era de uma forma geral pobre, constituída originalmente por um só compartimento que servia de cozinha, sala de estar e local de trabalho. Nessa divisória, existia uma *lareira de chão* que servia para fumar os enchidos e aquecer a habitação. Era, em simultâneo, o local de repouso dos seus habitantes. Aos poucos começaram a surgir as casas mais compartimentadas, existiam paredes divisórias, para os quartos, em tabique ou taipa, com cerca de 2 metros de altura, com um máximo de duas divisões. A passagem entre

compartimentos era feita de forma directa para a divisão principal. O pavimento era em terra batida. Quando a habitação era mais compartimentada, o que implica um aumento de área e volume, as paredes divisórias eram feitas em taipa, consolidando desta forma a construção.

A partir de uma análise morfológica, conclui-se que os edifícios de habitação apresentam uma tendência horizontal para o desenvolvimento da habitação. Fachadas com formas maciças, ainda mais destacadas devido às sucessivas caiações. Apresentam poucas aberturas para o exterior, normalmente uma só porta com postigo ou uma porta e uma janela, impedindo assim a entrada do calor no Verão. Estes factos devem-se à estrutura funcionar essencialmente à compressão e a existência de grandes aberturas, que diminuem consideravelmente a resistência mecânica da estrutura. As janelas existentes não tinham vidro, apresentando apenas uma portada em madeira. Todas as aberturas descritas apresentavam um guarnecimento ou caixilharia em madeira. A chaminé exibe um grande volume, principalmente no sul do país, para libertar o fumo mais facilmente, ventilar o espaço e porque as *lareiras de chão* têm grandes dimensões permitindo que toda a família coubesse no seu interior para se aquecer, cozinhar e por vezes trabalhar. A cor dos edifícios é essencialmente branca, devido à utilização da cal, por vezes encontram-se as barras com cores diversas, na habitação, frequentemente associadas a crenças locais, como afastar os mosquitos e tóxico para alguns animais (azul) e os maus espíritos (amarelo), respectivamente.

A taipa não foi apenas utilizada em edifícios de habitação, foi de grande importância durante a permanência muçulmana na Península Ibérica. A sua utilização na construção de muralhas e edifícios militares deve-se à sua rápida execução e economia, caso do Castelo Velho de Alcoutim e Silves, muralhas de Alcácer do Sal e Paderne, entre outros. A taipa utilizada neste tipo de edificações designa-se por taipa militar, uma vez que na sua fase de produção e execução é ligeiramente distinta da taipa (v.d 3.2.4).

Também nas edificações religiosas é possível encontrar construções em taipa, como é o caso da Igreja de Santa Maria (actual Igreja Matriz) e Ermida de S.Roque na freguesia de Alvalade, concelho de Santiago do Cacém [54]. Neste tipo de edificações a taipa utilizada é a taipa.

A construção em taipa tem como principais inconvenientes: uma baixa resistência à compressão, quando comparada com edifícios de alvenaria de pedra (vd. 3.4.3 e ANEXO IV); e muito baixa resistência à tracção. Face a solicitações horizontais, acções sísmicas, apresenta fraco desempenho e requer uma permanente manutenção das fachadas (vd 3.5) para não estar susceptível às acções climatéricas, principalmente de acção da água das chuvas.

No entanto este tipo de construção revela-se importante pelos baixos custos e de execução rápida. Apresenta excelente comportamento térmico, acústico e ao fogo, sendo considerada uma construção bastante ecológica.

### **3.2.2 Caracterização das Técnicas de Produção**

A produção de taipa, tal como dito anteriormente, é de fácil execução, embora nem sempre se consiga uma terra de excelente qualidade com a quantidade de humidade ideal. Tradicionalmente, se a quantidade de água no terreno fosse a considerada suficiente, a tarefa poderia resumir-se a misturar a terra do solo com uma enxada de modo a desvanecer a sua textura natural [65].

A escolha da melhor altura do ano para a construção era ditada pelas condições climáticas, associadas às estações do ano. Normalmente, a Primavera, entre Março e Abril, era a melhor altura, uma vez que a humidade retida na terra após as chuvas de Inverno conferia uma quantidade de água ideal à execução da taipa. Resumindo, pode-se afirmar que a taipa é executada entre as chuvas, ou seja, entre a Primavera e o Verão.

Era comum, extrair a terra do solo, no local de construção ou de uma área próxima, sendo posteriormente transportada. Podia ser utilizada tal como extraída ou com adição de água, no caso do seu grau de humidade não ser o ideal, era hábito misturar material não orgânico, como pedras e fragmentos cerâmicos. Devia ter-se uma atenção especial para com o material orgânico, não utilizando a terra dos primeiros vinte centímetros em profundidade e proveniente de locais que tivessem sido cultivados, adubados ou servido de pastagem. Devia retirar-se a “capa vegetal” e apenas utilizar a camada “virgem”.

O factor que mais influencia a resistência da construção em taipa é o desempenho mecânico do solo utilizado. A composição da terra para a construção em taipa varia de região para região e poderia haver necessidade de se misturar terra de várias zonas com profundidades diferentes, para atingir uma composição satisfatória para a construção.

Após retirar a terra do solo, esta era armazenada e destorroada à enxadada, desfazendo os torrões nela contida. Com a terra, desagregada, era feita uma espécie de “massa”, normalmente doseada empiricamente, consoante as características da argila que lhe serve de ligante. Poderia existir ou não adição de água, dependendo da humidade natural que

apresentasse. A mistura era amassada com o auxílio de uma enxada e, em alguns casos, poderia existir, a necessidade da mistura permanecer em repouso durante uma semana para que se atingisse um grau de humidade homogéneo.

Os constituintes mais importantes da terra são a argila: a areia e o silte. A argila é a que mais influencia o seu desempenho mecânico. Garante a coesão e alguma resistência à acção da água, embora a sua presença em excesso possa criar fendas, durante a secagem, devido aos efeitos da retracção. Considera-se que a percentagem de argila utilizada na construção em terra é um dos elementos chave para um bom desempenho, assim como a isenção de material orgânico. A terra utilizada regularmente é arenosa, rica em pedras e pouco argilosa. Para aumentar a resistência mecânica à tracção da taipa, adicionava-se, por vezes, fibras vegetais. A fibra utilizada correntemente era a palha cortada em pequenos pedaços que posteriormente adicionada a terras muito argilosas, funcionava como correctivo, aumentando a uniformidade do material e diminuía a retracção no momento de secagem.

A qualidade da taipa dependia da matéria-prima e dos taapeiros. Diz-se popularmente que a terra “devia ser transportada por um coxo e batida por um louco”, enfatizando a lentidão que era necessário para consolidar a taipa e a energia necessária para quem tinha que utilizar o pilão para compactar bem a terra [60].

### **3.2.3 Caracterização das Técnicas Construtivas**

As tradições vernáculas mantêm-se quanto às técnicas construtivas, independentemente da região do país, uma vez que a construção em terra não exige a utilização de instrumentos mecânicos. Têm um custo de produção baixo, utilizam o material do próprio local. De grande importância é o facto de se adaptarem ao clima e ao *know-how* local [19].

A prática da taipa era uma técnica colectiva, que exigia a “reunião” de trabalhadores para a constituição de uma equipa e a disponibilidade de utensílios, que normalmente pertenciam ao mestre taapeiro. A equipa era assim formada por taapeiros (normalmente quatro homens) e o mestre taapeiro como líder, detentor dos utensílios em madeira e sabedor da arte. Um homem para preparar, um para transportar e dois para bater a terra.

A terra era batida das pontas para o centro do taipal. Tradicionalmente cada camada de terra era batida manualmente pelos taapeiros, com recurso a ferramentas adequadas.

A execução de paredes de taipa era realizada de forma cuidada e correctamente faseada. Inicialmente elevava-se uma fundação em alvenaria de pedra até uma cota acima do terreno (0,3m a 0,5m), com a mesma espessura da parede e em todo o perímetro da construção (Figura 3.3), para evitar o contacto da taipa com a humidade do solo e facilitar o nivelamento inicial dos trabalhos [42]. De seguida, com o auxílio dos taipais, vão sendo criados troços de parede de terra humedecida e compactada com a ajuda de um maço. As fiadas de taip, são ligadas por uma camada de cal e areia [21]. A abertura dos vãos poderia ser executada após a conclusão das paredes, através da demolição do troço correspondente ao local pretendido e aplicando uma caixilharia em madeira, cantaria ou tijolo. A verga sobre os vãos é vulgarmente constituída por barrotes de madeira e na zona dos cunhais o travamento da edificação é feito através de fiada e contrafiada. Nestes locais poderia existir um reforço com tijolo maciço [67] (Figura 3.7).

As fundações de uma parede de taipa são normalmente de alvenaria de pedra corrente, executada com os materiais (pedra e pedaços cerâmicos) disponíveis no local (xisto no Alentejo e calcárias, como por exemplo a zona de Santarém), argamassada com cal e areia. No entanto, em alguns locais pontuais é possível encontrar fundações de pedra seca (principalmente xistos) e/ou sem fundação. A fundação era elevada até ao nível que se achasse suficiente para cumprir as suas principais funções, evitar a humidade ascendente por capilaridade e danos por efeito directo da chuva ou salpicos.



Figura 3.3 - Fundação em alvenaria de pedra corrente - Santarém



Posteriormente à execução do embasamento de pedra, eram elevadas as paredes. Iniciava-se a montagem dos moldes, constituídos por várias peças, em madeira, que podiam variar de forma e dimensões consoante a zona do país, dando paredes com uma espessura entre 0,40m e 0,65m (ANEXO III). A esses moldes dava-se o nome de taipais (Figura 3.4 e Figura 3.5), que vem na origem do nome de taipa que representa a técnica.

Quanto mais pequeno e simples o taipal, mais eficiente se tornava a técnica, uma vez que os blocos de taipa se tornam mais sólidos e estáveis às pressões e vibrações. O taipal deve ser fácil de manipular, leve e de montagem e desmonte simples [31]. Para a sua montagem, era necessário dispor de duas pranchas de madeira laterais, ou várias tábuas unidas por duas travessas pregadas perto dos extremos, de modo a formar uma prancha grande (interior e exterior do bloco), perfazendo todo o comprimento e designam-se por taipais laterais (Figura 3.4 e Figura 3.5). As pranchas deviam ser alternadas de lado em cada bloco de taipa executado e eram colocadas paralelamente de modo a que o espaço entre si determinasse a espessura requerida para a parede. Estas costumavam ter pequenas aberturas nos extremos e por vezes ao centro, facilitando o manuseamento.

Nos extremos dos taipais, designados por comportas ou frontais (Figura 3.5), colocavam-se duas pranchas de madeira mais pequenas, constituindo o seu fecho. A altura e largura da comporta deveria ser a mesma que a altura dos taipais e espessura da parede, respectivamente, apenas sobressaindo a parte que teria umas pegas para o seu manuseamento. Estas são colocadas de topo, ou inclinadas e presas pelas agulhas onde assentam os taipais. As duas comportas apenas são utilizadas no primeiro bloco de cada fiada, utilizando-se uma daí em diante.

Transversalmente à parede, sob taipais, dispunham-se de três barras de ferro, as agulhas, de secção redonda ou quadrada (Figura 3.4 e Figura 3.5). Estas em um dos seus extremos tinham a forma de T e a outra extremidade era livre mas com diversas perfurações, que permitia ajustar e adaptar a diferentes espessuras de parede. Nas perfurações poderiam ser colocadas, de forma perpendicular, pequenas peças de ferro (pregos, chavetas ou alfinetes), que serviam de travamento e limitação da espessura da parede.

Utilizava-se para sustentar e apertar lateralmente os taipais três pares de barrotes de madeira (costeiras, costeiros ou costaneiros), de secção quadrada ou redonda (Figura 3.4 e Figura 3.5). A zona inferior dos costeiros tinha o formato de forquilha, emparelhando-se o par de barrotes com o conjunto agulha-alfinete (Figura 3.4 e Figura 3.5). Na zona superior, os pares eram apertados com cordas (Figura 3.5).

Para manter a distância entre taipais, utilizava-se os côvados (ou canga), três ripas de madeira, alinhados na vertical com as agulhas, eram colocados dentro dos taipais, na sua parte superior (Figura 3.4 e Figura 3.5). Assim sendo, o seu tamanho seria o da espessura dos blocos.

As paredes executavam-se fiada a fiada, com as juntas verticais desencontradas, através do deslocamento lateral do taipal, de modo a conseguir um melhor travamento. Nos cunhais colocavam-se as fiadas de forma dentada. Desta forma, conseguia-se distribuir melhor as forças verticais, fiada a fiada, e contrariar as forças horizontais, impedindo o desmoronamento do aparelho pelas juntas [24]. Outra solução encontrada era inclinar os blocos contíguos, deixando de haver necessidade de desencontrar as juntas [65].

A terra era compactada dentro dos taipais, com o auxílio aos pilões de madeira (maços, malhos ou pisões), que tinham uma cabeça (parte inferior), de madeira bastante resistente e pesada, com um cabo de altura variável em função do operador (Figura 3.6).

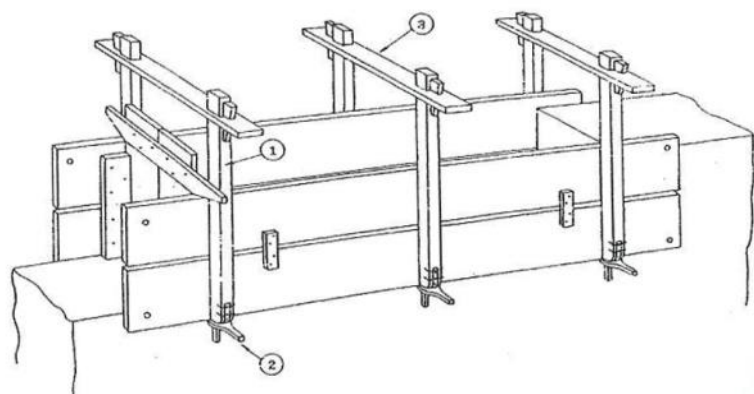


Figura 3.4 - Taipal da região da Chamusca : (1) Costeiros; (2) Agulhas; (3) Cangas [24]

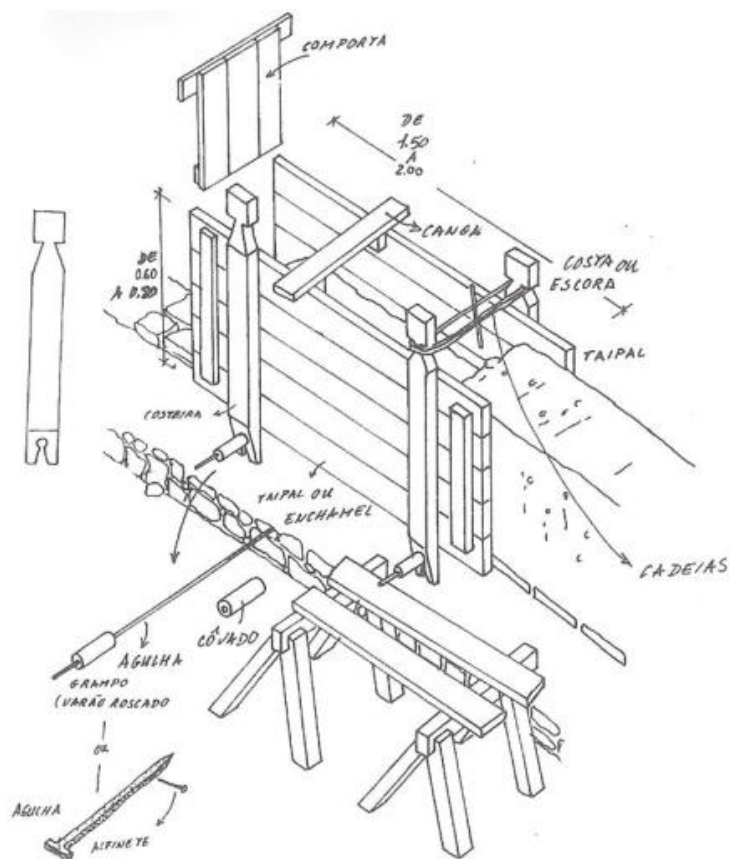


Figura 3.5 – Taipal e acessórios de montagem[42]

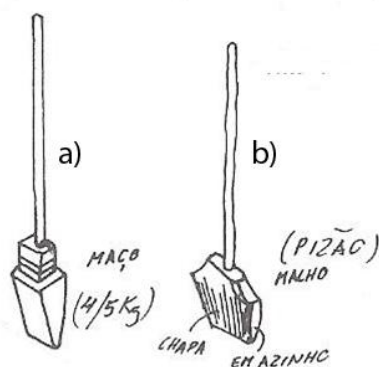


Figura 3.6 - Ferramentas para compactação: (a) Maço; (b) Malho [42]

As juntas horizontais e verticais, são executadas com uma camada fina de cal e areia. Por vezes é possível ver-se juntas horizontais executadas com tijolo cozido (Coruche e Avis) (Figura 3.7), pedra de xisto (Avis) ou palha, que criavam maior atrito entre blocos, conferindo uma maior resistência mecânica. Outro tipo de junta que pode surgir é a junta intermédia, que consiste em colocar no meio da fiada de taipa, uma fina camada de cal e areia e/ou de pedra e tijolo. Qualquer uma destas soluções denuncia solos de fraca resistência e uma tentativa de reforço por parte dos mestres taapeiros [24]. A zona de separação entre duas assentadas ou fiadass é uma zona sensível à actuação dos agentes climatéricos, uma vez que não existe adesão perfeita entre dois blocos sucessivos. A linha que define essa união é de fácil erosão comparativamente com o resto das fiadas. Para evitar a erosão devido aos agentes climatéricos, os mestres taapeiros usavam um outro processo em alternativa aos já descritos anteriormente, que consistia em um alinhamento de calhaus sobre a taipa inferior, na zona da junta encostada às tábuas dos taipais [65].



Figura 3.8 - Reforço das fiadas de taipa com tijolo maciço cozido - Rua dos Combatentes (Coruche)



Figura 3.7 – Reforço dos cunhais com tijolo maciço cozido – Rua dos Combatentes (Coruche)

O reboco das paredes é executado com o recurso a cal e areia, mas apenas no ano seguinte ao da construção. A razão pela qual apenas era rebocado tardiamente, difere, não se encontrando uma única explicação. Uma das justificações encontrada, seria porque juntamente com os acabamentos executava-se a cobertura, tendo em conta que a estrutura

económica das famílias era baixa, a qual necessitava de mais tempo até reunir recursos económicos que permitissem comprar os materiais. Uma outra explicação fundamentava-se no conhecimento empírico, o qual considera importante a “passagem de um Inverno pelas paredes”, permitindo que a textura lisa deixada pelos taipais se tornasse rugosa, garantindo ao reboco uma maior aderência. Caso se pretendesse construir tudo de forma sequencial, também era possível picando as paredes, embora fosse necessário deixar previamente secar as paredes durante três meses, sendo um acontecimento anterior, à colocação da cobertura.

As paredes interiores da habitação eram de tabique, de taipa ou adobe e variavam entre os 0,07m e os 0,30m (ANEXO I e ANEXO III) [18].

Os pavimentos do piso térreo apresentavam-se com uma constituição muito simples, geralmente de terra batida, nas habitações mais pobres. Nas restantes eram em tijoleira fina ou ladrilhos de pedra de forma quadrangular ou rectangular colocada em espinha. Em alguns casos, nas zonas de maior circulação, eram colocados seixos rolados ou lajedo de pedra.

### **3.2.4 Taipa Militar**

A taipa militar foi uma técnica bastante utilizada na construção de obras de engenharia militar, por ser uma técnica de fácil e rápida execução, conferindo uma estrutura sólida e resistente. Apresenta capacidade de absorção de energia cinética quando se atingem os blocos monolíticos, com projecteis [16]. Foi largamente utilizada e difundida pelos muçulmanos, tendo no entanto, a sua origem nas técnicas construtivas dos romanos, *opus caementicium*.

As fortificações construídas com recurso a esta técnica construtiva, anteriormente descrita, apresentam, quanto à sua morfologia, formas geométricas de traçado rectilíneo, com cunhais de ângulos bem definidos. Não se observa uma única tipologia, uma vez que a sua constituição depende de vários factores, tais como: dos materiais disponíveis no local; do período histórico; e das técnicas construtivas. As fortificações em taipa militar caracterizam-se pela ausência de padrão e em diferentes estados de conservação.

A taipa militar, em comparação com a taipa tradicional, apresenta uma composição de argamassa de enchimento diferente, mais complexa (cal aérea, pozolanas naturais e agregados) e com diferentes tipos de enchimento, que lhe confere uma maior resistência e dureza [10]. Implicava maior durabilidade e resistência. Era utilizada sobretudo em obras que apelavam à característica de hidraulicidade que as pozolanas naturais conferem [16].

Caracteriza-se pela grande percentagem de cal, que a torna num material muito duro e resistente.

Pode ser encontrada em todo o território nacional, apesar de ser predominante nas regiões do sul de Portugal, em que Alentejo e Algarve são as regiões onde é possível encontrar as construções mais bem conservadas.

Tal como as restantes construções de taipa tradicional, era executada uma fundação em alvenaria de pedra corrente com a função principal de proteger os paramentos da fortificação contra as infiltrações de água por capilaridade, bem como adaptar a construção aos afloramentos rochosos e à topografia do local onde se encontra implantada. O material utilizado, no enchimento dos taipais, é uma argamassa com os ligantes de composição à base de cal aérea hidratada e pozolana. Os materiais pétreos são de granulometria diversa, desde areias a pedras de pequena dimensão, entre outros materiais que se podiam aproveitar (seixos e pequenos pedaços de tijolo). A carbonatação lenta da cal confere à taipa militar um endurecimento progressivo que a torna um material de grande resistência. Essa resistência permite que ainda hoje seja possível observar paredes de taipa militar, as quais se encontram expostas às intempéries, como é o caso dos Castelos de Paderne e Juromenha [53]. No que se refere aos traços volumétricos, Patrícia Bruno [10], constatou através do cruzamento de resultados obtidos, em fortificações militares, em Silves (1:2), Paderne (2:5 e 1:9) e Alcácer (1:4 a 1:5), com as respectivas análises granulométricas, que os traços com maiores quantidades de cal correspondem às menores percentagens de agregados finos, silte e argila. Foi possível identificar pela autora, nos caos de Alcácer do Sal e de Juromenha, a presença de escórias e de materiais cerâmicos triturados nas fracções de areia, sendo que no primeiro se registou ainda a presença de pozolanas naturais. Como tal, torna-se evidente que as composições das taipas apresentam diferenças, consoante os materiais disponíveis em cada local.

É contudo nos cunhais que a erosão se faz sentir com maior intensidade, e estes foram diversas vezes substituídos ou forrados de pedra aparelhada, quando esta não constituía já parte integrante construção original. Era uma prática comum, sendo a alvenaria de pedra dos cunhais ou revestimento um prolongamento do embasamento, quase sempre feito neste material [53].

Como se tratam de fortificações com função defensiva, utilizava-se, por vezes, uma simulação de silhares, pintadas de cal, sobre o reboco de cal aérea, iludindo o atacante, sugerindo blocos de pedra de grande dimensão [17].

### **3.3 Construção em Adobe**

#### **3.3.1 Descrição Geral**

Este capítulo incidirá sobre os edifícios construídos em adobe, com idade entre um século e um século e meio, uma vez que a técnica e tecnologia construtiva é semelhante à utilizada na época pré-pombalina.

A construção em adobe, em Portugal, tal como no resto do mundo, foi desenvolvida com base na experiência acumulada, transmitida de geração em geração. Apesar da especialização que se atingiu desde a produção dos adobes até às suas próprias técnicas construtivas, muitas destas construções existentes não garantem algumas das exigências funcionais e de conforto exigidos actualmente. Partindo deste ponto, é necessário conhecer profundamente o parque construído: constituição; dimensões; sistemas estruturais; patologias; estado de conservação. Este esforço traduzir-se-á na promoção de uma reabilitação e reforço adequado [68].

Trata-se de um material e técnica vernacular, um dos métodos mais utilizados na construção de edifícios antigos, o ancestral do tijolo de barro cozido. Um tijolo de adobe é um bloco de terra enformado e seco ao Sol. A terra é misturada com água e por vezes com fibras vegetais, de forma a criar um bloco consistente. As fibras eram normalmente palha cortada em pequenos pedaços que se adicionavam em terras muito argilosas, funcionando como correctivo, aumentando a uniformidade do material e diminuindo a retracção na secagem.

O adobe é um material extremamente versátil, com capacidade de se adaptar a diferentes situações socioeconómicas. Utilizado em Portugal, propiciou a construção de povoações inteiras, desde habitações humildes até às mais abastadas, desde simples estabelecimentos comerciais até industriais, construção de igrejas, revestimento de poços de

água, fornos de cal e em muros de propriedades. Na execução das paredes exteriores, os adobes apresentam um formato paralelepípedo e com dimensões entre 30 e 55 cm (ANEXO I), que quando colocados a uma vez correspondia à espessura da parede. Podem constituir paredes interiores, divisórias ou exteriores, resistentes. Em alguns edifícios de adobe, poder-se-à encontrar estruturas de taipa, tabique ou pedra na mesma construção. As dimensões dos blocos variam de região para região mas, de uma forma geral, pode considerar-se que o comprimento é aproximadamente o dobro da largura.

Em relação à localização geográfica deste tipo de técnica, os adobes, podem ser encontrados na Estremadura, Alto e Baixo Alentejo, Algarve e Ribatejo. Embora seja uma técnica predominantemente rural, era também utilizada em zonas urbanas para erguer empenas e paredes divisórias. Mas é em zonas de aluvião, por exemplo, o vale do Sado e grande parte do centro litoral, que é caracterizado pela construção em adobes. Embora de forma mais rara, é também possível encontrar este tipo de construção em locais onde a terra é mais argilosa. Considerando as características e factos descritos anteriormente associados à necessidade de utilizar um maior consumo de água na produção dos adobes, quando comparada com a taipa, é fácil entender a razão pela qual eram fabricados próximos de linhas de água.

A utilização do adobe nas construções apresenta algumas vantagens, embora também tenha algumas limitações, como qualquer outra técnica. Destacam-se como principais vantagens: o facto do processo de fabrico requerer um reduzido consumo de energia, ser constituído por material reciclável, apresentar bom desempenho térmico e acústico, reduzida necessidade de recursos tecnológicos e longevidade da construção. Verifica-se ainda que é uma construção sustentável do ponto de vista económico, não requer grande mobilização financeira, uma vez que funciona como uma infra-estrutura relativamente ligeira, aumentando desta forma a possibilidade de acesso à população mais carenciada.

Por outro lado duas das grandes limitações são a sua vulnerabilidade sísmica e a grande susceptibilidade à erosão. As construções em adobe, quando mal concebidas e reforçadas, sofrem danos estruturais severos, podendo colapsar, causando perdas humanas e materiais.



### 3.3.2 Caracterização das Técnicas de Produção

A produção de blocos/tijolos de adobe é um processo simples, assim como os materiais que se utilizam na sua produção. As principais características do terreno, acumular a temperatura, regular a humidade e ventilação natural, são as mais valias da construção em adobe. Tal como a terra, este material acumula 30% mais de humidade do que um tijolo normal. Uma vez que é um elemento com alguma permeabilidade, permite filtrar o ar e a densidade dos blocos, não só permite acumular calor, como também oferece um bom isolamento acústico [15].

Uma infinidade de processos poderiam ser descritos, considerando que os aspectos históricos e geográficos são extremamente variados e determinantes no processo. Cada técnica e região de um país possui as suas próprias características e limitações na produção. Contribui para a dispersão das propriedades dos blocos o facto de ser um material de fabrico artesanal, tornando todos os blocos ligeiramente diferentes. A secagem dos adobes depende essencialmente da existência de um período de tempo favorável, cessando a produção com o tempo frio e com calor extremo [31].

Um dos factores que mais influencia a resistência de uma edificação construída com alvenaria de adobe é o desempenho mecânico do solo utilizado, estando directamente relacionada com o processo de secagem do material e a sua resistência final. Desta forma, a escolha da terra apropriada é fundamental. Esta encontra-se normalmente a cerca de 50 cm abaixo do nível do solo, uma vez que a camada superficial contém muita matéria orgânica em decomposição e outros microorganismos. Blocos de adobe com tonalidade escura são indício de uma presença de matéria orgânica mais elevada (Figura 3.11).

A granulometria da terra empregue deve ter uma percentagem entre 15% e 30% de argilas. Uma variação acima ou abaixo deste intervalo pode tornar-se inconveniente, pois poderá provocar desagregação do material ou necessidade de demasiada água de amassadura e consequente retracção e fendilhação durante a secagem do material. O solo ideal deverá apresentar uma coloração amarelada, castanha ou vermelha, em que é admissível a existência de cascalho misturado com a terra, desde que apresentem um diâmetro reduzido e a sua percentagem seja inferior a 20-25% [45].

O molde deve ser colocado debaixo de água para a remoção do tijolo ser facilitada. Este deve estar no chão sobre uma superfície seca e coberta com palha, serradura ou areia,

durante o seu preenchimento. Deve comprimir-se a terra dentro do molde até libertar todo o ar.

Os adobes são moldados à mão: em moldes de madeira (situação mais comum, permitindo a execução de um ou dois blocos) ou de ferro (situação rara), utilizando lama ou argila, com ou sem adição de fibras, pedra miúda ou cascalho. O seu processo é artesanal e inicia-se com o amassar de pequenas bolas de terra que são envoltas em areia e atiradas com alguma força para o molde, preenchendo bem os seus cantos. Outro modo de execução do adobe é com recurso a cal e areia (proveniente das margens dos rios ou pouco rica em argila), com auxílio de um pilão. Este ajuda na compactação do molde, evita queimaduras causadas pela cal e aperfeiçoa a mistura no molde. A cal era apagada e o traço utilizado era de um volume de cal para quatro de areia (1:4), com adição de água perfazendo uma massa [24]. Deve ajustar-se a massa ao molde, de modo a que os cantos fiquem totalmente preenchidos de material. Em ambas as técnicas, o processo deve ser repetido várias vezes, até o molde estar totalmente cheio, terminando com o rasar da superfície, com auxílio de uma colher de pedreiro. Para retirar o tijolo do molde é necessário um movimento curto e rápido, na vertical.

Após retirar o molde, inicia-se a fase de secagem, que, em Portugal, em função das condições climáticas, tem um tempo médio de secagem, entre três semanas e um mês e meio para um adobe de terra, e pode chegar a um ano e meio para os que apresentam grande percentagem de cal na sua constituição. Numa primeira fase, as peças devem secar à sombra, para que a secagem seja mais lenta e evite fissuras devido à retracção. Numa segunda fase de secagem, os blocos de adobe são colocados ao Sol até endurecerem (Figura 3.9). Em ambas as fases as peças devem ser viradas para que haja uma secagem uniforme. A resistência do material aumenta com a duração de secagem. Como resultado temos um material compósito heterogéneo, intrinsecamente descontínuo, com boa resistência à compressão, fraca resistência à tracção e, sob a acção exclusiva da gravidade um baixo risco de deslizamento.

Como principais vantagens, tal como anteriormente descrito para a taipa, destacam-se: o facto de o fabrico não exigir grande consumo de energia; apresentam bom isolamento térmico e acústico. Contudo apresenta fraco comportamento sísmico e exige a presença de grandes áreas para secagem e armazenamento dos adobes.



Figura 3.9 - Armazenagem de adobes - Marrocos

### 3.3.3 Caracterização das Técnicas Construtivas

Para a execução da alvenaria de adobe, utilizava-se blocos, com diferentes geometrias, espessuras, variando também no modo como são dispostos (à meia vez, uma vez ou uma vez e meia) [60]. Os princípios de composição da alvenaria são semelhantes aos do tijolo. Como as peças apresentavam dimensões reduzidas, era necessário garantir que durante a execução da alvenaria a parede esteja bem nivelada, bem alinhada e bem aprumada, para que as fiadas fiquem perfeitamente horizontais.

Antes de se erguer a parede, executavam-se os caboucos (salvo em algumas regiões do país em que era assente directamente no solo), onde se executa a fundação em alvenaria de pedra, ligada com argamassa hidráulica, até atingir cerca 50-80 cm, segundo alguns mestres adobeiros da época com que se teve oportunidade de conversar. Deste modo evitava-se problemas de humidade por capilaridade. De seguida, em alguns casos, quando abundava pedra, rematava-se a fundação com um coroamento nesse material. Após a fundação estar correctamente executada e nivelada, iniciava-se a montagem das fiadas de adobe a meia-vez ou uma vez, preenchendo as juntas com argamassa de cal ou argamassa de barro, retirando sempre a argamassa excedente antes da colocação da camada seguinte. Desta forma ergue-se a parede até atingir a altura pretendida. Os trabalhos terminavam com o reboco da face

interior, em argamassa de cal ou barro e somente quando este estivesse seco é que se procedia ao reboco exterior com argamassa de cal.

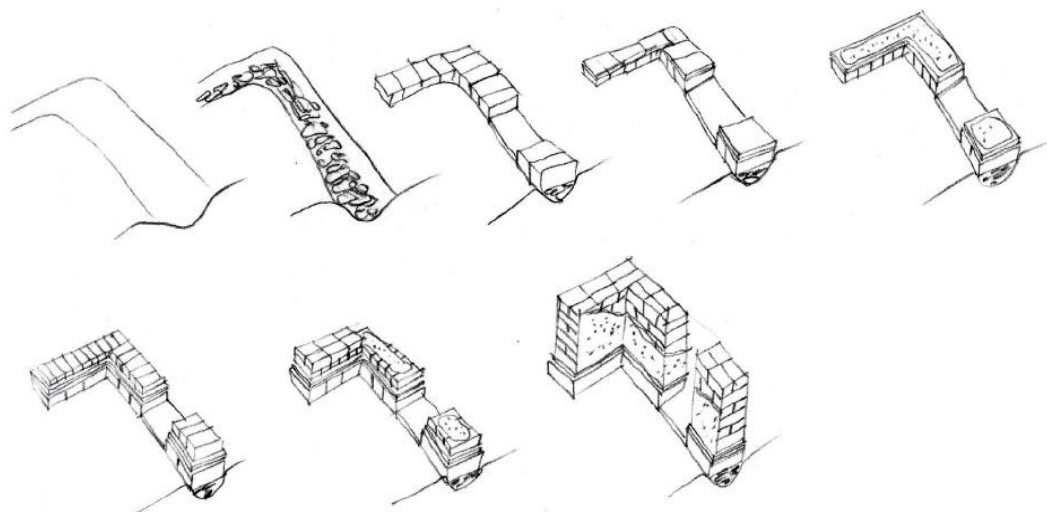


Figura 3.10 - Sequência de montagem das alvenarias em adobe [15]

Das observações efectuadas conclui-se que a alvenaria de adobe era executada a uma vez nas paredes exteriores e a meia vez nas interiores, com o travamento (desencontro vertical das juntas, ou “matar as juntas”) dos tijolos a 1/3, permitindo desta forma uma maior resistência das paredes à acção das cargas verticais (Figura 3.11).

Na maioria das situações, as juntas eram de cal e areia e muito raramente apenas de terra. Nalguns casos, juntamente com a argamassa de cal e areia eram adicionadas pequenas pedras para ajudar a preencher os espaços entre blocos de adobe e criar mais atrito. Por exemplo, no concelho da Nazaré, segundo Mariana Correia [18], procurava-se travar a alvenaria de adobe, entre cada fiada horizontal, com pedaços de telha, ou, em alternativa, utilizava-se uma argamassa forte de cal e areia.

O vão sobre as aberturas podia ser vencido de modo análogo para as paredes de alvenaria de pedra (vd. 4.7) e apresentavam de um modo geral guarnecimento ou caixilharia em madeira. Uma alternativa era colocar dois adobes inclinados um para o outro, perfazendo um triângulo, sob o qual se encontra a verga (Figura 3.12), semelhante a um sistema de descarga em triângulo (vd. 2.4, Figura 2.3 e Figura 2.4).



Figura 3.11 - Alvenaria de adobe - Monte Cavaleiros (Coruche)



Figura 3.12 - Verga e caixilharia de madeira numa abertura em alvenaria de adobe

### 3.4 Caracterização Mecânica das Alvenarias de Terra

#### 3.4.1 Descrição Geral

A necessidade de intervenção em estruturas antigas de alvenaria de terra torna-se cada vez mais urgente para a conservação e reabilitação do património cultural e arquitectónico. Particularmente em estruturas antigas, atendendo à sua fragilidade, as intervenções pressupõem rigor e formação técnica específica na elaboração de um minucioso estudo de diagnóstico de suporte à tomada de decisões sobre metodologias e técnicas a adoptar [62].

O estado actual de conservação de edifícios antigos apenas pode ser avaliado com o profundo conhecimento dos materiais e das estruturas que os constituem. Para uma primeira compreensão dos danos existentes e suas causas, deve-se efectuar uma inspecção visual, padronização da geometria das fissuras, entre outros. Numa fase anterior às operações descritas é necessário recolher informação quantitativa dos materiais e das características dos elementos estruturais, nomeadamente: forças; comportamento tensão-deformação; constrangimentos e interacções entre os elementos constituintes. Em edifícios antigos, o estudo das suas propriedades é mais eficaz se for realizado de duas formas: uma em que é retirado um prisma de alvenaria para estudar em laboratório; outro em que o estudo é

realizado “*in situ*” [7]. A caracterização mecânica dos edifícios construídos em alvenaria de adobe ou taipa é um instrumento fundamental no apoio à realização de projectos de consolidação, reabilitação ou reforço deste tipo de construções.

Tendo em vista caracterizar mecânicamente os edifícios antigos em terra, optou-se por realizar estudos “*in situ*”, que permitissem determinar o estado de tensão, avaliar as características de deformabilidade das paredes de terra e realizar um levantamento das características tipológicas. Para tal, realizaram-se ensaios com macacos planos (vd. 3.4.3.3), no concelho de Santarém, para caracterizar o adobe e, no concelho de Avis a taipa.

### **3.4.2 Caracterização tipológica**

Com esta caracterização tipológica dos edifícios construídos em terra, procura-se corroborar a descrição feita ao longo deste capítulo e disseminar o conhecimento adquirido neste tipo de construção rural e urbana a todos os técnicos das Câmaras Municipais, técnicos de obra, projectistas e interessados na reabilitação do vasto património edificado. Desta forma procedeu-se a um detalhado levantamento e sistematização de informação sobre algumas construções existentes.

Dada a grande variedade de construções em adobe e taipa, quer ao nível dimensional, quer da sua constituição, seleccionou-se um conjunto de amostras representativas das suas tipologias em uma dada região.

Para facilitar o reconhecimento dos edifícios, foi criada uma ficha de identificação, designada de Ficha de Edifício, tal como se apresenta no ANEXO I e ANEXO III. Esta ficha visa registar informação fotográfica e escrita do local exacto da construção estudada e identificar características da mesma. Através das coordenadas registadas, foi possível identificar cada edifício com maior exactidão num mapa bidimensional, de modo a que se consiga registar locais que apresentem melhores condições para a construção de alvenaria em adobe ou em taipa.

O período de reconhecimento (contacto com as pessoas que estão ligadas ou possuem interesse e acesso a este tipo de construção) desenvolveu-se ao longo de toda a dissertação, em paralelo com outros trabalhos desenvolvidos na mesma.

Para facilitar a identificação e análise, os edifícios foram seriados na forma  $Xi$ , em que X representa a tipologia da alvenaria, adobe (A) ou taipa (T) e o índice  $i$  representa o número do edifício inspeccionado.

A inspecção a uma construção, nesta dissertação baseia-se, essencialmente, numa ou mais visitas ao local (com o objectivo de recolher toda a informação relacionada com estado da construção e da sua envolvente). Este levantamento pode implicar entrevistas com os proprietários e/ou pessoas ligadas à edificação, de modo a obter o maior número de informações possíveis. No fim do trabalho de campo, deve ser possível concluir sobre o estado de conservação e de segurança, assim como necessidades de uma eventual intervenção urgente, a nível global ou de reparação/substituição de alguns elementos.

Foi ainda criada uma base de dados geográfica no programa Google Earth, que serviu de ferramenta de suporte a este estudo, permitindo armazenar informação geográfica relativa às construções inspeccionadas, possibilitando consultas rápidas de informação e sua representação espacial. Uma vez que este programa permite a visualização de imagens satélite dos locais requeridos, torna-se numa ferramenta bastante útil para analisar de uma outra perspectiva as coberturas das habitações e a sua envolvente.

### **3.4.3 Ensaios com Macacos Planos**

#### **3.4.3.1 Descrição geral**

Trata-se de ensaios realizados “*in situ*”, que requerem a remoção de uma porção de argamassa das juntas horizontais. Podem ser considerados testes não destrutivos, uma vez que o dano causado é temporário e de fácil reparação. Estão normalizados desde o início dos anos 90 e consistem na realização de dois ensaios designados por simples e duplo. Estes fornecem resultados quantitativos, permitem calcular o estado de tensão instalado na parede e a obtenção das curvas de comportamento da alvenaria da parede, ou seja, uma relação da tensão imposta com a deformação medida. Os ensaios foram realizados segundo as normas ASTM C1196-04 [11] e ASTM C1197-04 [12].

Os macacos planos podem apresentar diferentes formas e são constituídos por uma almofada metálica delgada de duas chapas metálicas soldadas que perfazem um reservatório plano fechado. Este liga-se a uma bomba hidráulica que permite a injeção de óleo para o interior do macaco. A bomba hidráulica é dotada de um manómetro/célula de pressão, que informa o utilizador da pressão instalada no macaco plano em cada instante. Os ensaios podem ser simples, utilizando-se um macaco para medir o estado de tensão instalado, ou duplos, sendo necessários dois macacos para medir o módulo de elasticidade e a resistência máxima à compressão. Para este último tipo de ensaio é preferencial utilizar-se macacos de forma rectangular [38].

Para a realização do ensaio, começa-se por definir o posicionamento dos rasgos a efectuar na parede, garantindo um afastamento não inferior a 60 cm entre si e aberturas ou extremidades da parede. A espessura dos rasgos deve permitir que a parte superior e inferior do macaco plano contacte com as faces dos rasgos efectuados na parede. De seguida colocam-se as miras para o ensaio simples, acima e abaixo do rasgo, assegurando-se que os pontos de cada alinhamento vertical estão dispostos simetricamente. As miras são fixas ao paramento, por colagem com uma cola epoxídica rápida, podendo utilizar-se, por vezes, pequenos pregos ou parafusos, como meio de facilitar a fixação nas paredes de terra. Para o ensaio duplo, colocam-se as miras entre o par de macacos planos, perfazendo no mínimo três alinhamentos verticais, ambos com as miras dispostas simetricamente. Em ambos os ensaios, as miras nunca devem ser colocadas a menos de 5 cm das extremidades das ranhuras. Na realização do ensaio da janela 1, realizado em Santarém (Figura 3.13), os rasgos foram preenchidos com uma calda de cimento, uma vez que a espessura das aberturas era de difícil controlo, criando locais em que a face do rasgo não contactava por completo com a face das chapas de enchimento.

Para realizar o ensaio de macacos planos duplos é necessário o seguinte equipamento: dois macacos planos rectangulares (400X200X4,5 mm) com válvulas; chapas de aço de duas dimensões diferentes (400X200X1,5 mm e 400X200X1,0 mm); bomba hidráulica manual com manómetro de pressões; tubagem flexível para altas pressões; aparelho digital de medição de comprimento; berbequim com broca de diâmetro 10mm e 20cm de comprimento; escopro; martelo; cimento; equipamento de segurança.

Ao longo desta dissertação, foram realizados cinco ensaios, dois de macacos planos simples e três de macacos planos duplos (dois em adobes e um em taipa). Tendo em conta que era pretendido caracterizar mecanicamente a parede apenas se apresentam os ensaios dos



macacos planos duplos neste trabalho. A concretização dos ensaios tem ainda como segundo objectivo, avaliar se é viável a utilização de macacos planos em alvenarias de terra.

Para os ensaios macacos planos duplos foi necessário corrigir a pressão lida no manómetro da bomba hidráulica para a verdadeira pressão aplicada na parede, podendo dessa forma calcular a tensão aplicada:

$$\sigma_m = K_m K_a p \quad (3.1)$$

onde:

$K_m$  – constante que reflecte as propriedades do macaco (geometria e rigidez), determinada através de testes calibração;

$K_a$  – corresponde à relação entre a área de contacto do macaco com a área de uma face do rasgo;

$p$  – pressão aplicada ao macaco (lida no manómetro), MPa.

#### **3.4.3.2 Descrição e procedimento do ensaio de macacos planos duplo (MPD)**

Para a realização do ensaio de macacos planos duplos, que permite determinar o comportamento da alvenaria, procede-se à abertura de dois rasgos, tal como descrito anteriormente e limpeza dos mesmos. Os macacos planos utilizados tinham geometria rectangular e dimensões 400x200x4,5mm, logo a abertura foi efectuada com o auxílio de um berbequim, com broca de diâmetro de 10 mm e 20 cm de comprimento. Após a abertura dos rasgos efectuou-se a limpeza do mesmo de forma a facilitar o encaixe do macaco plano e das chapas de enchimento. Efectua-se a medida inicial dos alinhamentos, que neste ensaio devem estar entre os dois macacos, respeitando as normas da ASTM C1197 [12]. Desta forma, a parede compreendida entre os rasgos está “isolada” da alvenaria envolvente formando um “proвете” que se admite sob estado de tensão nulo. Seguidamente, ligam-se ambos os macacos planos a uma bomba hidráulica manual com manómetro, de forma a garantir que os macacos tenham sempre a mesma pressão. Pressurizam-se em simultâneo com incrementos de pressão de 0,10 MPa e respectiva leitura e registo das distâncias entre miras até atingir a

rotura da alvenaria (momento em que aparecem fissuras nos tijolos de adobe), que se manifesta pela ausência de reacção à aplicação de tensão no macaco. As características mecânicas neste ensaio apenas dizem respeito à alvenaria entre os dois macacos. À medida que se aumenta a pressão, as distâncias entre as miras diminuem.

A realização deste ensaio parte do pressuposto de que: a alvenaria em redor da abertura é homogénea e deforma-se simetricamente; o estado de tensão aplicado é uniforme.

Resultados de investigações laboratoriais [12] mostram que se podem verificar variações de 24% entre testes e que o módulo de elasticidade da alvenaria está normalmente sobrestimado em 15%.

Com base nos resultados dos estudos laboratoriais realizados por vários investigadores obteve-se o Quadro 3.1 onde é possível prever o intervalo da resistência máxima à compressão.

Quadro 3.1 – Resistência à compressão de taipa e adobes

Descrição	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
Adobe pré-histórico 40x40x10 [47]	0,40-1,50	-
Muretes de adobe à escala reduzida [49]	0,89 – 1,33	-
Provetes cilíndricos de adobe ensaiados à compressão simples [49]	0,99 – 2,15	-
Adobe [31]	-	700 - 7000
Taipa [47]	2,00 – 3,00	-
Taipa Antiga (Avis) [27]	0,30 – 0,77	-

### 3.4.3.3 Caso de Estudo – Estrada do Poço Reto em Santarém

O caso de estudo efectuado na Estrada do Poço Reto, em Santarém, é constituído por uma habitação, localizada na Estrada do Poço Reto, nos limites da cidade de Santarém. Trata-se de uma habitação devoluta desde há cerca de 8 anos (ANEXO II). A habitação é de arquitectura vernacular, não se conhecendo quaisquer registos históricos relativos há data da sua construção, à sua concepção original ou a eventuais intervenções e alterações posteriores. A habitação tem uma configuração em planta rectangular e é constituída por um único piso.

A estrutura é constituída por paredes mestras em adobe, rebocadas por argamassa de cal e areia, com cobertura de estrutura em madeira. Apresenta duas aberturas, uma janela na fachada tardoz e uma porta na fachada principal. A espessura das paredes mestras é constante em altura, cerca de 0,45m. As paredes divisórias interiores são de tabique. O estado de conservação geral da habitação é mau, apresentando anomalias diversas.

A cobertura, sem asnas, é constituída por madres apoiadas directamente nas paredes de empena, sem qualquer travamento.

Com o objectivo de caracterizar a alvenaria das paredes estruturais, foram efectuados dois rasgos para abertura de duas janelas no paramento interior: uma na fachada tardoz (Figura 3.13) e outra na empena (Figura 3.14).

O reboco interior, com uma espessura total aproximada de 2 cm, é de cimento e areia, não sendo o original. O reboco encontra-se em razoável estado de conservação e confere protecção à desagregação da argila das juntas.

A inspecção visual das “janelas” (Figura 3.13 e Figura 3.14) parece identificar alvenaria de adobes regulares em forma e dimensão. As juntas, também regulares, apresentam pequenas pedras de calcário e materiais cerâmicos como elementos de enchimento ou auxiliares de assentamento. A qualidade aparente da alvenaria em ambas as janelas é razoável.

A fraca coesão das juntas de enchimento e a presença de pequenas pedras nesta, tornou difícil a escolha da localização dos rasgos a efectuar. Tomou-se como opção efectuar o rasgo ao longo dos tijolos de adobe, uma vez que apresentam uma maior coesão, não se desagregando tão facilmente quanto as juntas. A configuração irregular das faces do paramento também afectou a distribuição das miras de referência. Estas foram coladas sobre a própria terra ou na cabeça de pequenos pregos e parafusos fixados na parede. Após a secagem

da cola, procedeu-se ao registo das distâncias entre miras, por alinhamento, utilizando para o efeito um extensómetro com precisão real de uma milésima de milímetro.

Os rasgos foram abertos através de um primeiro corte de disco rotativo apropriado, para estabelecer uma linha guia, com cerca de 2 cm de profundidade. Continuou-se a abertura do rasgo com o auxílio de um berbequim eléctrico com broca de 10 mm de diâmetro.

Para execução do ensaio de macacos planos duplo, foram utilizados dois macacos planos com dimensões 400x200x4,5 mm, inseridos entre chapas de enchimento metálicas de dimensões, 400x200x1,5 mm e 400x200x1,0mm, tal como já referido na secção 3.4.3.1.

No ensaio dos macacos planos duplos, as relações tensões-extensões (com valores de tensão corrigidos), que se apresentam para a janela 1 e para a janela 2, permitem estimar dois parâmetros mecânicos da alvenaria: módulo de elasticidade e tensão de rotura à compressão.

Refere-se a existência de algumas dificuldades na execução do ensaio em alvenarias de adobe, como por exemplo a grande heterogeneidade da parede, dificultando a colocação e adesão das miras. A falta de coesão das juntas de areia e cal, que condicionam os locais de colocação das miras. Situações que podiam ser evitadas, com a abertura de uma janela de maiores dimensões evitando as juntas horizontais (pouco coesas e de fácil desagregação).

Na Janela 1:

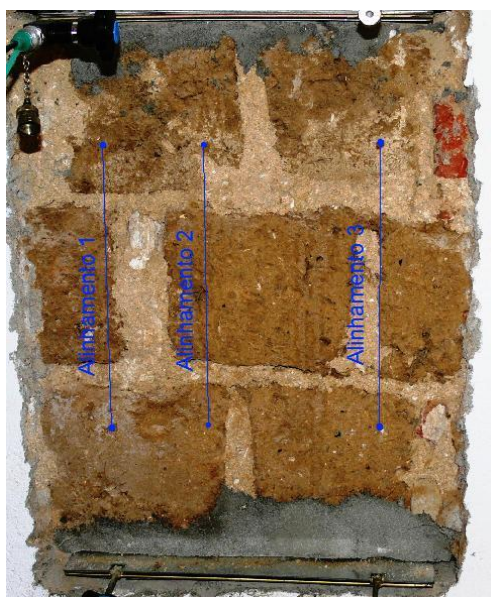


Figura 3.13 - Alinhamentos verticais da janela 1 (Santarém)

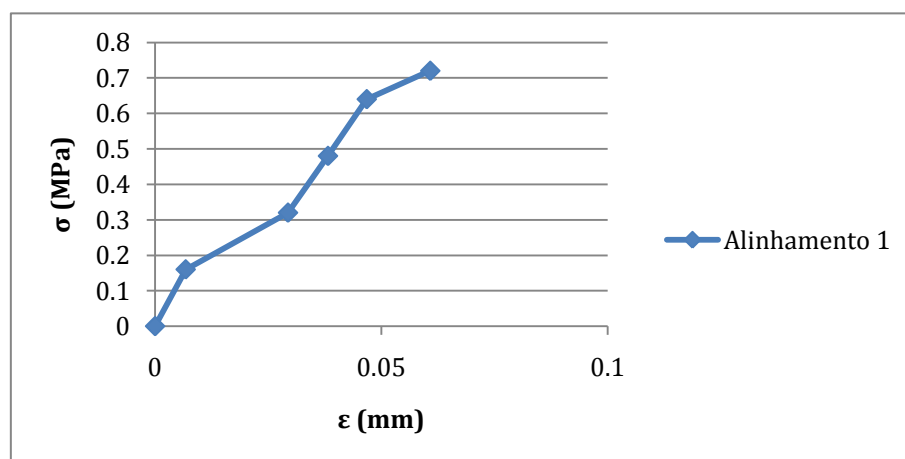


Gráfico 3.1 - Relação tensão/extensão do alinhamento 1 da janela 1 (Santarém)

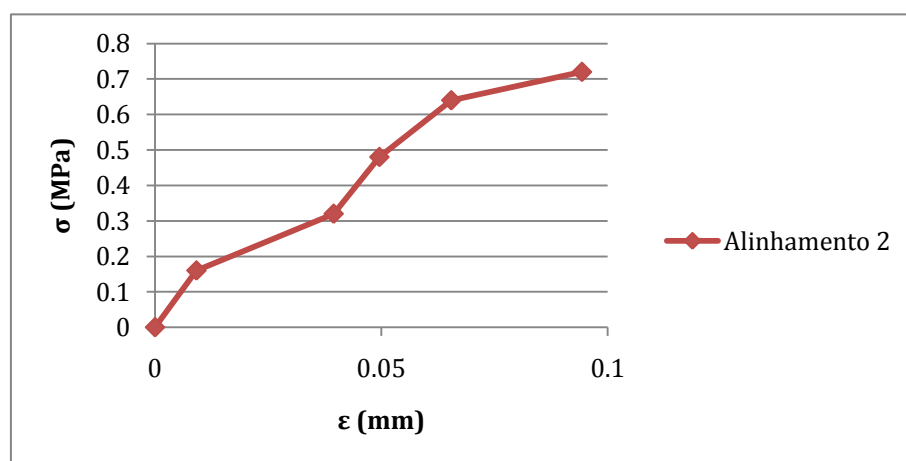


Gráfico 3.2 - Relação tensão/extensão do alinhamento 2 da janela 1 (Santarém)

Para a janela 1, obteve-se uma resistência máxima à compressão de 0,72 MPa. Nos módulos de elasticidade, para os alinhamentos, obteve-se: 7,08 GPa para o alinhamento 1 e 5,28 GPa para o alinhamento 2. Desprezou-se os resultados do alinhamento 3, uma vez que ocorreu descolamento das miras durante o ensaio, inviabilizando a aquisição de dados.

O resultado obtido na janela 1, para a compressão está dentro dos valores previstos para este tipo de material em comparação com os resultados obtidos e referidos no Quadro 3.1.

A ficha de identificação deste ensaio, assim como os resultados obtidos em cada momento para cada incremento de tensão, estão disponíveis no ANEXO II. A ficha de identificação do edifício está disponível no ANEXO I.

Na janela 2:

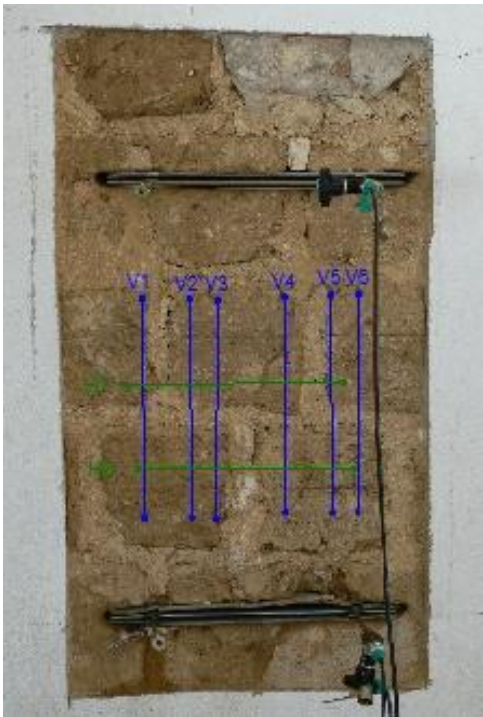


Figura 3.14 - Alinhamentos verticais e horizontais da Janela 2 (Santarém)

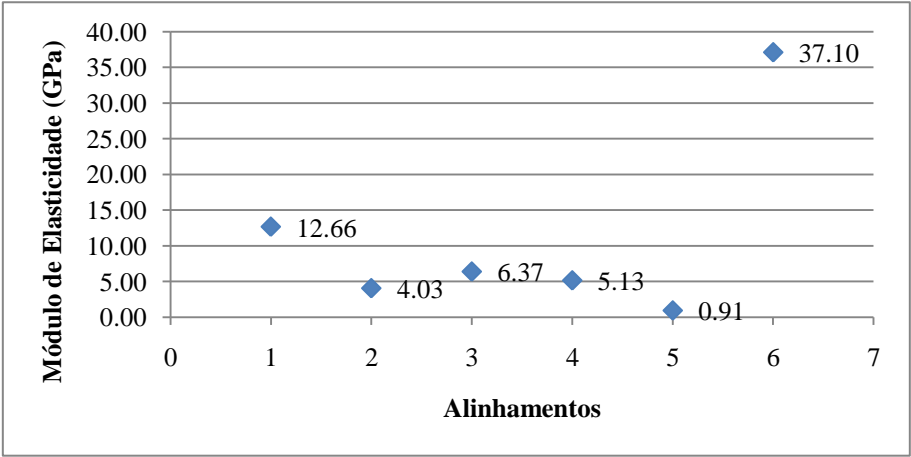


Gráfico 3.3 – Variações do módulo de elasticidade ao longo da parede na janela 2 (Santarém)

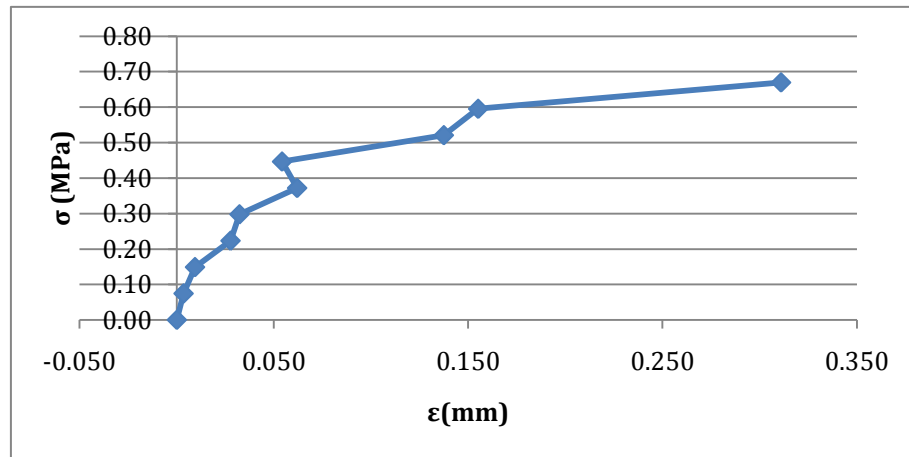


Gráfico 3.4 - Relação tensão/extensão do alinhamento V1 da janela 2 (Santarém)

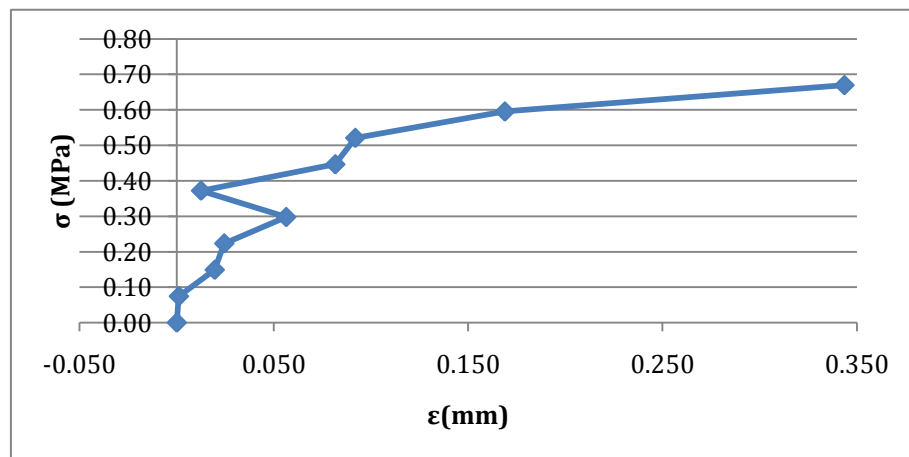


Gráfico 3.5 - Relação tensão/extensão do alinhamento V2 da janela 2 (Santarém)

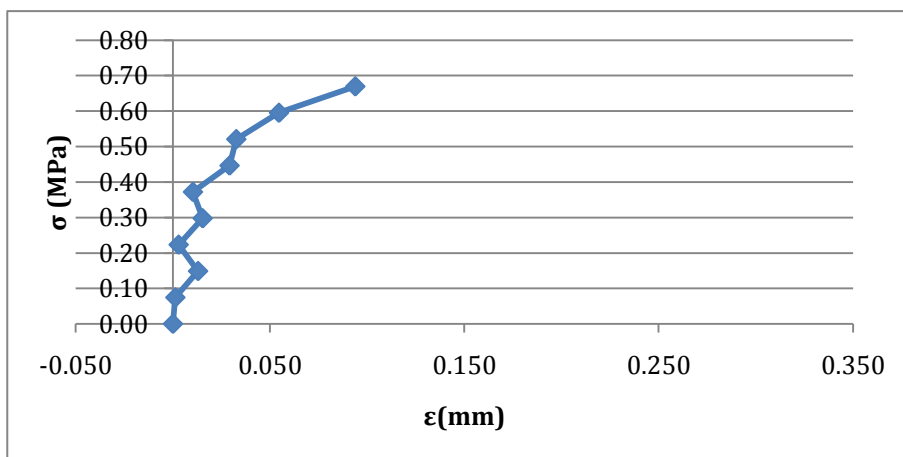


Gráfico 3.6 - Relação tensão/extensão do alinhamento V3 da janela 2 (Santarém)

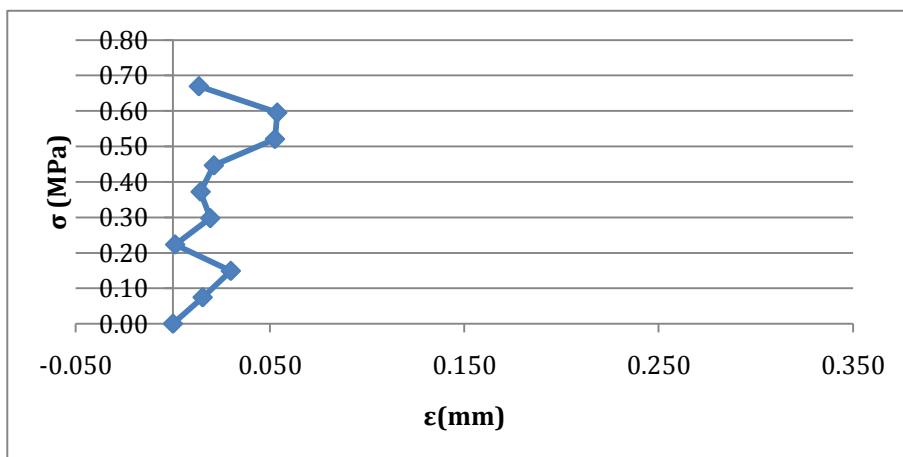


Gráfico 3.7 - Relação tensão/extensão do alinhamento V4 da janela 2 (Santarém)

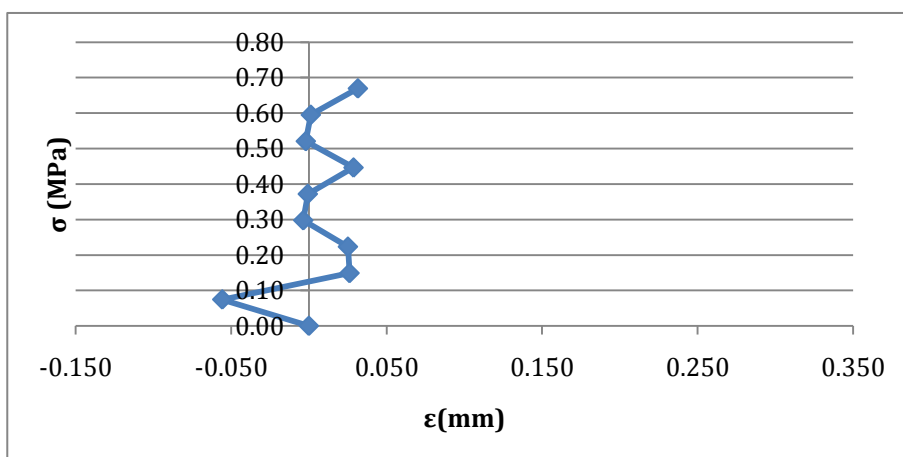


Gráfico 3.8 - Relação tensão/extensão do alinhamento V5 da janela 2 (Santarém)



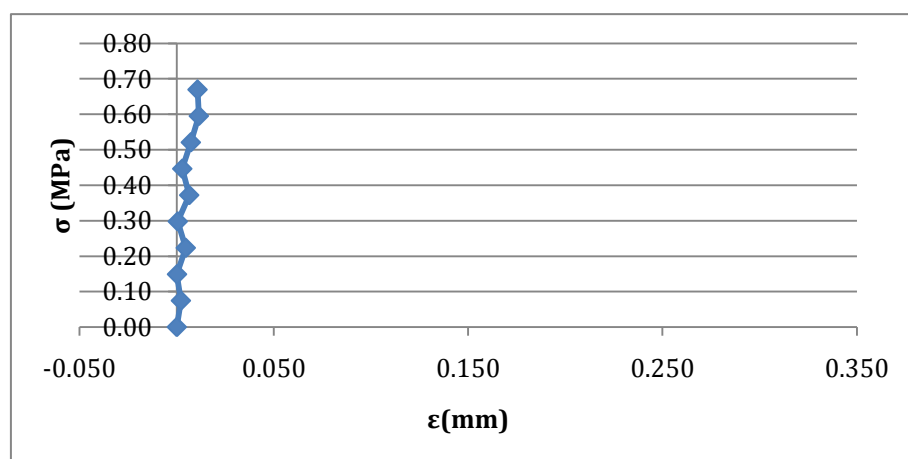


Gráfico 3.9 - Relação tensão/extensão do alinhamento V6 da janela 2 (Santarém)

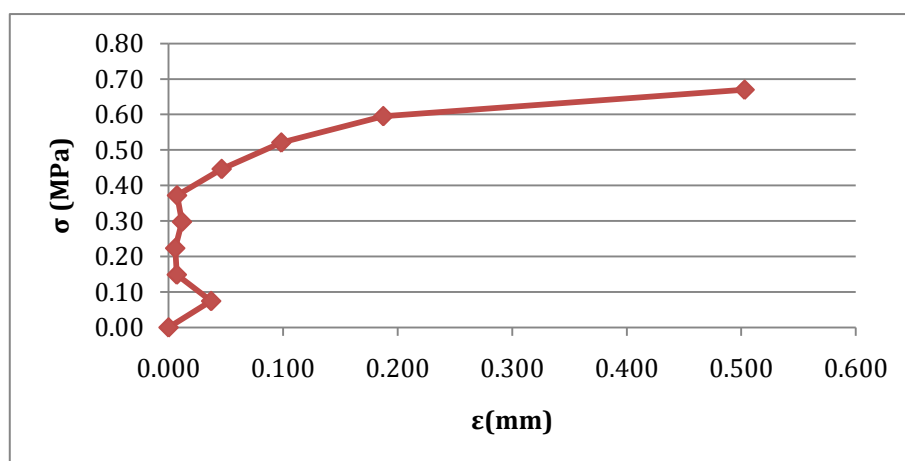


Gráfico 3.10 - Relação tensão/extensão do alinhamento 8 (horizontal) da janela 2 (Santarém)

Na segunda janela, obteve-se uma resistência máxima à compressão de 0,67 MPa e como módulos de elasticidade para os alinhamentos, obteve-se uma média de 5,18 GPa. O valor para a resistência máxima à compressão está dentro do intervalo de valores esperados, tendo por base os resultados obtidos por Papayianni e referidos no Quadro 3.1.

Foram medidos os valores tensão e extensão para dois alinhamentos horizontais, do qual foi possível obter um módulo de elasticidade transversal de 2,48 GPa.

Desprezou-se os resultados dos alinhamentos verticais 1, 5 e 6 e do alinhamento horizontal 7. O alinhamento vertical 1 e 6 foram desprezados devido à proximidade das extremidades laterais dos macacos planos, embora respeitando os 5 cm exigidos na norma ASTM C1197 [12] para estes. Os alinhamentos que se encontram nesse local estão sujeitos a menores tensões, devido ao achatamento dos macacos não ser uniforme, falseando os resultados obtidos (Gráfico 3.3, Gráfico 3.4 e Gráfico 3.9). Quanto aos resultados do alinhamento 5, estão-lhe associados duas componentes que introduzem erro nos resultados finais. Estes são: a proximidade com a extremidade lateral, tal como nos alinhamentos verticais desprezados; como segundo factor, o caso de as alvenarias de adobe terem uma superfície muito heterogénea, que dificulta a fixação das miras. Para solucionar este problema introduziu-se pregos com uma cabeça de diâmetro semelhante ao da mira, no entanto, devido a problemas de fixação dos mesmos na parede, oscilavam e introduziam erros na medição com o extensómetro (Gráfico 3.3 e Gráfico 3.8). Os resultados do alinhamento horizontal 7 foram desprezados devido ao descolamento das miras, inviabilizando a aquisição de dados.

A ficha de identificação deste ensaio, assim como os resultados obtidos em cada momento para cada incremento de tensão estão disponíveis no ANEXO II. A ficha de identificação do edifício está disponível no ANEXO I.

#### **3.4.3.4 Caso de Estudo – Valongo – Avis**

O segundo caso de estudo foi efectuado em um edifício de habitação localizado num caminho sem identificação, em Valongo, concelho de Avis, as suas coordenadas podem ser encontradas no ANEXO IV.

Trata-se de uma habitação devoluta de arquitectura vernacular do princípio do século XX. O facto de as paredes serem constituídas por adobes e taipa denuncia intervenções posteriores à data de construção, uma vez que não era comum a construção de estruturas mistas em terra. A habitação tem uma configuração em planta rectangular e é constituída por um único piso.

A estrutura é constituída por paredes mestras em taipa e adobe, rebocadas por argamassa de cal e areia e cobertura com estrutura de madeira. A espessura das paredes mestras é constante em altura, cerca de 0,50m. As paredes divisórias interiores são de adobes ou de tijolo maciço de fabrico manual. A estrutura encontra-se em estado de ruína. A

cobertura, sem asnas é constituída por madres apoiadas directamente nas paredes de empena, sem travamento.

Com o objectivo de caracterizar a taipa, foi efectuada a abertura de uma janela (Figura 3.15). A inspecção visual desta parece identificar alvenaria de taipa regular em forma e dimensão. As juntas, também regulares, apresentam vários tipos de materiais pétreos como elementos de enchimento. A qualidade aparente da alvenaria é razoável.

A fraca coesão das juntas de enchimento e a presença de pequenas pedras nesta, tornou difícil a escolha da localização dos rasgos a efectuar, tal como já tinha acontecido para os ensaios realizados em alvenaria de adobe. Tomou-se como opção efectuar o rasgo ao longo das fiadas de taipa, uma vez que apresentam maior coesão, não se desagregando tão facilmente quanto as juntas. Na abertura dos rasgos, sentiram-se dificuldades acrescidas em comparação com os realizados nos adobes, relacionadas com o facto de a parede se apresentar húmida e ter consequentemente menor resistência.

A configuração irregular das faces do paramento também afectou a distribuição das miras de referência, neste ensaio optou-se por fixar as miras em parafusos, verificando-se ser a melhor opção de fixação em paredes de terra. Após a secagem da cola procedeu-se à leitura e registo das distâncias entre miras, por alinhamento, utilizando para o efeito um extensómetro com precisão real de uma milésima de milímetro.

Os rasgos foram executados através de um primeiro corte de disco rotativo apropriado, para estabelecer uma linha guia, com cerca de 2 cm de profundidade. Continuou-se o rasgo com o auxílio de um berbequim eléctrico com broca de 10 mm de diâmetro e 20 cm comprimento, em semelhança com os ensaios realizados em alvenaria de adobe.

Para realizar o ensaio de macaco plano duplo, foram utilizados dois macacos planos com dimensões 400x200x4,5 mm, inseridos entre chapas de enchimento metálicas de dimensões, 400x200x1,5 mm e 400x200x1,0mm.

No ensaio dos macacos planos duplos, obtiveram-se relações tensões-extensões com valores de tensão corrigidos, (Gráfico 3.11, Gráfico 3.12, Gráfico 3.13, Gráfico 3.14, Gráfico 3.15 e Gráfico 3.16) que permitem estimar dois parâmetros mecânicos da alvenaria: módulo de elasticidade e tensão de rotura à compressão.



Figura 3.15 - Alinhamentos verticais do ensaio de macacos planos duplos, realizado em Valongo - Avis

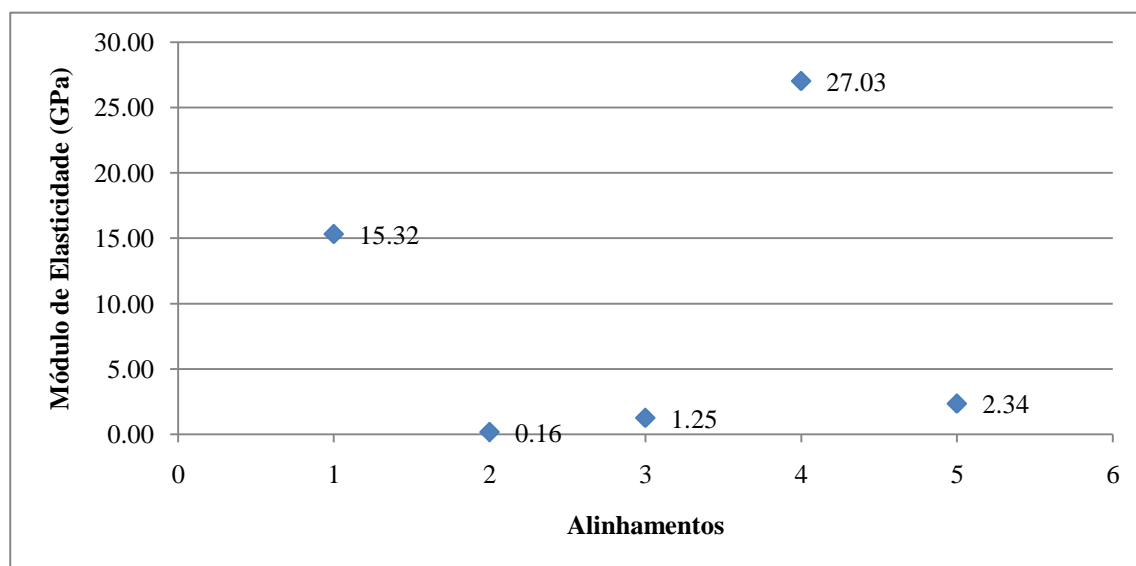


Gráfico 3.11 – Variações do módulo de elasticidade ao longo da parede (Valongo - Avis)

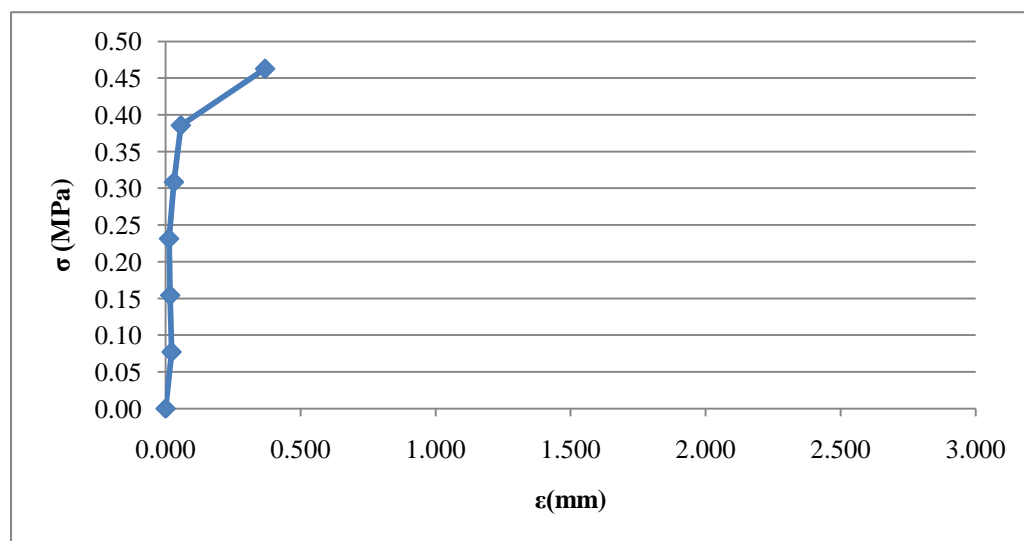


Gráfico 3.12 - Relação tensão/extensão do alinhamento V1 (Valongo - Avis)

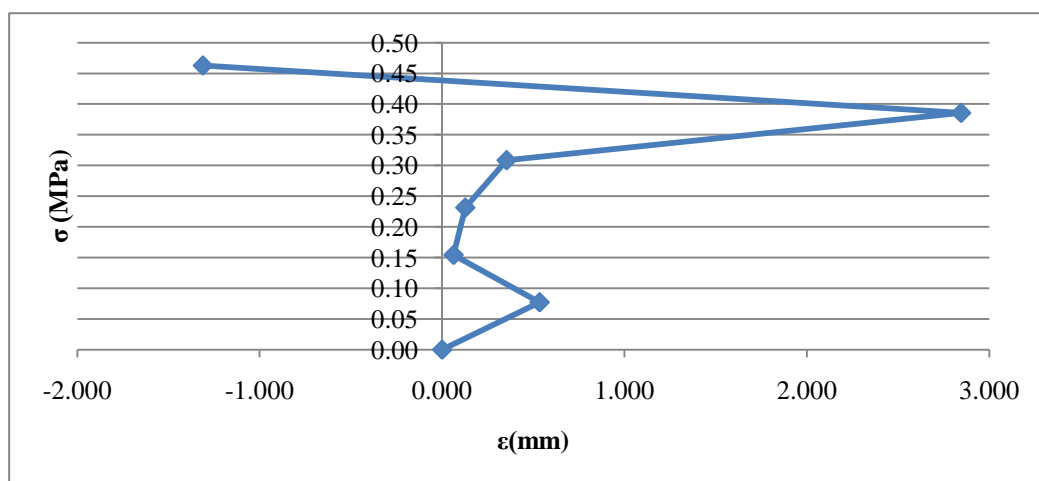


Gráfico 3.13 - Relação tensão/extensão do alinhamento V2 (Valongo - Avis)

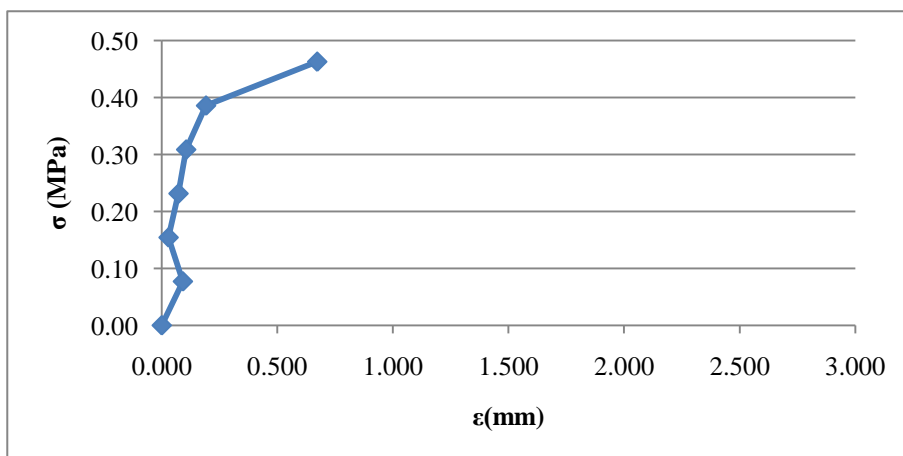


Gráfico 3.14 - Relação tensão/extensão do alinhamento V3 (Valongo -Avis)

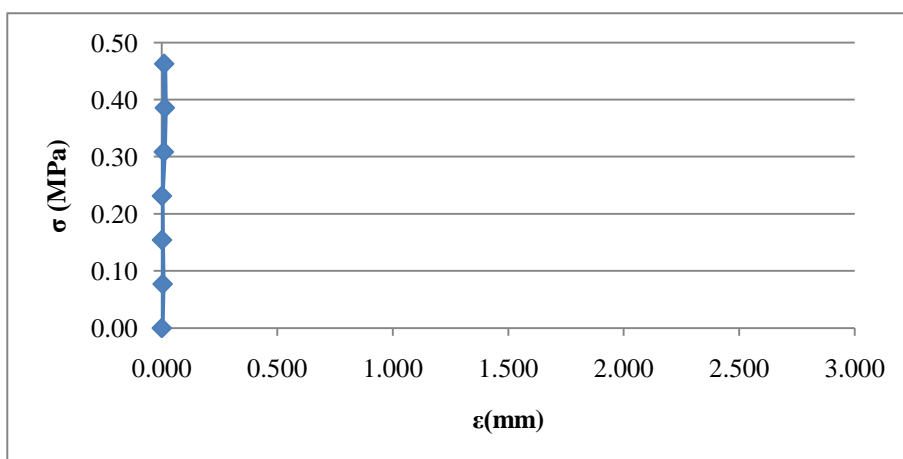


Gráfico 3.15 - Relação tensão/extensão do alinhamento V4 (Valongo - Avis)

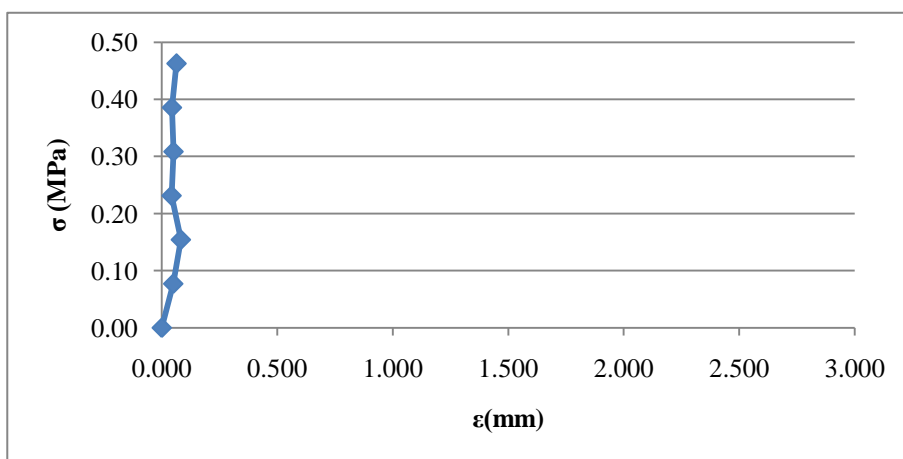


Gráfico 3.16 - Relação tensão/extensão do alinhamento V5 (Valongo - Avis)

Obteve-se uma resistência máxima à compressão de 0,46 MPa e como módulos de elasticidade para os alinhamentos uma média de 1,25 GPa. O valor para a resistência máxima à compressão está fora do intervalo de valores esperados, tendo por base os resultados obtidos por Papayianni [47], mas em conformidade com os valores obtidos pela engenheira Idália Gomes (resultantes de ensaios laboratoriais realizados em amostras recolhidas no mesmo edifício) e referidos no Quadro 3.1

Os alinhamentos verticais V1 e V4 foram desprezados devido à proximidade das extremidades laterais dos macacos planos e medições anómalas dos mesmos, embora respeitando a norma ASTM C1197 [12]. Quanto aos resultados do alinhamento V4, verificou-se que as miras estavam colocadas no limite da amplitude do extensómetro, o que dificultava as leituras e introduzia erros. No alinhamento V1, os resultados estão condicionados por não existir um enchimento uniforme do interior dos macacos, levando a que algumas zonas, tal como esta, não estejam sujeitas a carregamento suficiente e uniforme para atingir resultados fidedignos.

Conclui-se ser viável a utilização dos macacos planos duplos para avaliar a resistência máxima à compressão na construção em terra, tendo em conta que os valores obtidos, estão dentro dos parâmetros esperados. No entanto os módulos de elasticidade obtidos parecem um pouco sobrestimados.

### **3.5 Revestimentos**

Nos edifícios, os revestimentos de paredes exteriores são os elementos mais expostos às acções climáticas, sendo responsáveis pela protecção das paredes. Como tal, a sua manutenção é de maior relevância para a conservação das construções.

As argamassas utilizadas para reboco eram de uma forma geral à base de cal aérea e areia, podendo por vezes utilizar-se uma pasta de terra (mais comum nas paredes interiores). Apresentavam elevada trabalhabilidade, sendo produzidas com reduzida quantidade de água e aplicadas por aperto contra a parede. Cada camada possuía uma espessura reduzida [61]. A argamassa deveria garantir, para além de uma boa aderência ao suporte, uma absorção de

água mínima e ter óptimos níveis de evaporação. As camadas de argamassa deviam ter fraca resistência mecânica (não exceder a do suporte) e baixa retracção, uma vez que a taipa e o adobe são uma base fraca, não suportando grandes retracções, evitando a introdução de tensões no suporte. Para melhorar a resistência das argamassas, adicionava-se por vezes pozolanas. Os traços utilizados em argamassas antigas com recurso a esta adição variava, no tempo dos Romanos são descritos como cal:pozolana 1:3 e 1:2, em obras que decorreram em Portugal, nessa época, encontra-se documentada a utilização dos traços cal:pozolana 1:2 e cal:pozolana:areia 1:1:1 [72].

O acabamento final da superfície, aplicado sobre as camadas de reboco é com base em cal e designa-se por caiação. Podia, em alguns casos, não existir reboco e ser utilizada uma caiação simples ou pasta de cal, aplicada directamente sobre a taipa. Nas pinturas tradicionais com base de cal (caiações com leite de cal) ocorre solidificação quando os seus constituintes cristalizam dando origem a uma camada que se sobrepõe ao reboco, funcionando como seu consolidante. A pintura pode apresentar ou não pigmentação (Figura 3.11 e Figura 3.16) e actua como camada protectora que passa a ser parte integrante do revestimento da parede [60].

A pintura com cal é um produto composto por uma dispersão aquosa de cal apagada (hidróxido de cálcio) e usualmente contendo diversos tipos de aditivos e/ou pigmentos (Figura 3.16). É utilizada para decoração das fachadas dos edifícios, com aspecto mate e estrutura inorgânica porosa, bastante permeável ao vapor de água, requerendo uma manutenção anual ou bienal. As especificações de composição da tinta de cal a produzir, baseavam-se nas experiências de sucesso anteriores e na disponibilidade local dos materiais de fabrico. As principais técnicas de pintura com cal utilizadas nos edifícios antigos e que se têm mantido praticamente inalteráveis até aos dias de hoje, eram designadas como pinturas a fresco e a seco. A primeira, consistia na aplicação, sobre bases de aplicação contendo cal ainda fresca, de determinados pigmentos dispersos em água (ou em água de cal) que se fixavam pela carbonatação superficial da cal, o que permitia uma eficaz fixação dos pigmentos. A pintura a seco consistia numa pintura efectuada com leite de cal, por vezes contendo pigmentos e diversos tipos de aditivos (vinagre, sangue de bovino, óleo de linhaça, entre outros). Aplicava-se sobre superfícies contendo cal já endurecida ( ou também sobre outro tipo de materiais, como a pedra), onde já se concluiu a carbonatação superficial. Esta sempre foi a técnica mais corrente de pintar edifícios [56].



O tipo de cal obtida e as suas propriedades dependem das várias fases envolvidas na transformação da cal. A mais comum para os acabamentos por pintura de cal é a cal aérea. A cal aérea, de cor branca, é constituída principalmente por óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), designada normalmente por cal viva [56].



Figura 3.16 - Pigmentos naturais para caiação (Chefchaouene – Marrocos)

### 3.6 Coberturas

As coberturas nas habitações em taipa e adobe podiam ser de uma ou duas águas, pouco inclinadas entre  $26^\circ$  e  $27^\circ$  [18], consoante utilizassem a asna (duas águas) ou não. Eram constituídas por barrotes de madeira, que assentavam no pau de fileira, na madre ou no frechal, e de um ripado de madeira (presente no interior do país) ou de cana (mais frequente no litoral), onde assentava a telha cerâmica predominantemente em telhas de canal, meia cana ou canudo. Quando o vão entre as paredes exteriores das habitações é muito grande, as asnas simples, suportam todo o madeiramento (Figura 3.17). Uma análise mais detalhada das coberturas é feita na secção 4.9.

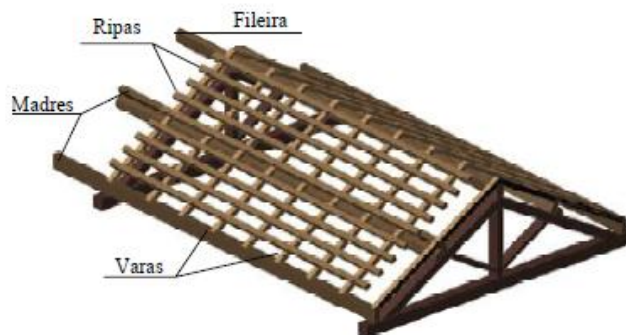


Figura 3.17 – Cobertura com asna simples [9]

Nas regiões Alentejana e Algarvia, em substituição do vulgar ripado, utilizava-se um conjunto de canas, ligadas entre si e aos elementos estruturais da cobertura, por cordéis. As canas eram, espalmadas, encastradas e posteriormente fixadas a uma esteira de madeira. Por vezes, eram utilizadas como forro no interior da habitação conferindo um melhor isolamento térmico [21].

Os beirados também eram dispostos com suficiente saliência para evitar que a água das chuvas escorresse pelos paramentos absorvendo a humidade e com o objectivo suplementar de afastar a água da base da parede.

## 4 Caracterização da Construção em Pedra

### 4.1 Caracterização Geral

A pedra, desde há muito tempo que é utilizada na construção de abrigos, estruturas defensivas ou obras de arte. Há milhares de anos que é considerada, entre todos os materiais, como sendo o mais nobre e resistente, mas foi na construção do vasto império romano que foi largamente utilizada. Ainda hoje a composição do aparelho das paredes de pedra obedece à tecnologia romana, o *opus incertus*, *opus cimenticius*, entre outros. A estrutura da pedra é muito variável e resulta de vários factores naturais que determinam a sua formação e origem, como sucessivas alterações sofridas por esta até se transformar em matéria disponível para ser extraída [67]. Pode ser de diversa natureza, forma e dimensões, regulares e irregulares e apresentar-se ligada com terra, argila, substâncias orgânicas ou argamassas, em geral, de fraca qualidade e que raramente a envolvem completamente [64]. A presença de vazios é uma característica das alvenarias de pedra, que variam consoante as paredes, assim como a percentagem de argamassas e de pedra, como foi possível comprovar em estudo realizado (vd. 3.4 e 4.5). Os tipos de pedra, tradicionalmente, mais utilizados na construção em Portugal são: os granitos, os xistos e os calcários, os quais são aplicados em diferentes técnicas construtivas, consoante tradições locais.

Actualmente, existem construções em alvenaria de pedra, tais como: igrejas, conventos, palácios, castelos, entre outros, apresentando-se num razoável estado de conservação. Para além das construções monumentais, a alvenaria de pedra, encontra-se fortemente ligada à construção de edifícios de habitação tradicionais, quer em zonas urbanas quer em zonas rurais. Pertencem também a esta categoria os edifícios com “andar de ressalto” e com fachada de bico existentes em Lisboa e que constituem parte do património pré-pombalino edificado da zona histórica de Lisboa [13] (Figura 4.1 e Figura 4.2).



Figura 4.1 – Fachada em bico com andar de ressalto na fachada lateral – Beco de S. Marçal (Lisboa)



Figura 4.2 - Andar ressalto – Beco de S.Miguel (Lisboa)

As alvenarias podem ser executadas com pedras naturais ou artificiais (tijolos cozidos ou crus) [8]. Encontram-se por todo o continente: a sul nas zonas urbanas e como fundações de habitações de terra; a norte e centro do país constituem toda a habitação. Quando as alvenarias de pedra constituem as paredes de edifícios, estas normalmente são resistentes. O termo “paredes resistentes” designa todas as paredes que têm papel relevante na estrutura, nomeadamente a resistência a cargas verticais e forças horizontais (sismo e vento). Apresentam geralmente grande espessura e são constituídas por materiais heterogéneos de que resultam elementos rígidos e pesados. Estas paredes apresentam baixa resistência à tracção com excepção das paredes de “frontal” [1], constituídas por uma estrutura de madeira, como as paredes exteriores de ressalto.

Alguns princípios devem ser respeitados na construção de uma alvenaria de pedra. Como exemplo refere-se: uma boa arrumação das pedras à fiada ou em perpianho, perfazendo camadas o mais horizontal e coesas possível. Para além disso não se pode desprezar o travamento da parede nos cunhais, podendo fazer-se ou não uso de argamassas, dependendo da técnica utilizada [67].

Perpianhos ou travadouros é a designação dada a um pedra com espessura total da parede, que tem como função aumentar, a capacidade resistente das paredes face às acções horizontais (sismos e ventos fortes), evitar fenómenos de fendilhação vertical (resultantes de cargas gravíticas elevadas) e melhorar a interligação das paredes resistentes [51].

No âmbito da construção, a pedra pode ser utilizada como elemento estrutural, tanto em alvenarias, cantarias como em coberturas interiores (abóbadas) e exteriores (terraços e telhados). Deve apresentar uma boa resistência mecânica à compressão, sobretudo devido ao peso das paredes, dos pisos e das coberturas. Outras duas características importantes são: a resistência a acções externas e desgaste. A primeira, resistência a acções externas, quando solicitada por vibrações ou por actividade de um sismo, e a segunda, desgaste, com a acção dos agentes climatéricos e quando utilizadas como pavimentos [67].

As pedras de cantaria caracterizam-se pela regularidade de dimensões e são aparelhadas de diversas formas. Aplicam-se em vergas, soleiras, ombreiras, colunas, entre outros. Surgem como a solução mais nobre, uma vez que os edifícios com paredes de cantaria apresentavam custos acima dos restantes, para um mesmo volume de construção. Este tipo de pedra, assim como, a de enxilharia, podem ser aplicadas com junta seca ou argamassada. No âmbito deste trabalho, quando se faz referência à pedra de cantaria ou enxilharia de junta seca, estas encontram-se incluídas nas alvenarias de pedra seca. Por outro lado, quando se faz referência a junta de argamassa, estas encontram-se incluídas em alvenaria pedra aparelhada. Estes dois tipos de pedra estão normalmente associados a edifícios classificados, sendo o seu uso menos frequente em edifícios de habitação tradicionais, apesar da pedra de cantaria ser a solução construtiva “mais nobre”. A pedra de enxilharia distingue-se da de cantaria, por ser mais irregular nas dimensões que apresenta por fiadas. Geralmente apresenta a forma de um prisma rectangular, com aparelho pouco cuidado, podendo muitas vezes aparecer rebocada. Este tipo de pedras era muito utilizado para conferir uma maior estabilidade e travamento às paredes, quando aplicada nos cunhais. Estes podiam ser executados com pedras paralelepípedicas ou em forma de esquadros, de ramos desiguais, em planta. Ambos os tipos de cunhal eram colocados sobrepostos de forma alternada, de modo a que os lados mais compridos alternassem com os mais curtos (Figura 4.3, Figura 4.4 e Figura 4.5).



Figura 4.3 – Cunhal em alvenaria de pedra aparelhada (Póvoa – Miranda do Douro)



Figura 4.4 – Cunhal em alvenaria de pedra seca (S.Martinho da Angueira – Miranda do Douro)

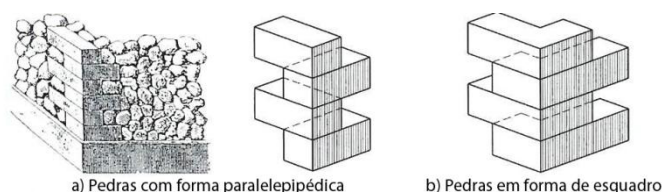


Figura 4.5 – Cunhais – representação esquemática [51]

Relativamente à aderência da argamassa nas pedras (Quadro 4.1), associado às propriedades físico-químicas, de cada uma, os granitos apresentam muito boa aderência, os calcários apresentam aderência variável e os xistos uma má aderência (utilizando-se principalmente em alvenarias de junta seca).

Quadro 4.1 – Classificação das propriedades das Rochas [8]

Origem	Tipo	Densidade	Resistência (Kg/cm <sup>2</sup> )	Aderência à Argamassa
Ígnea	Granitos	2,5 a 3,0	1500 a 2700	Muito Boa
	Basalto	2,8 a 3,3	3000	Má
Eruptiva	Meláfiro	2,8 a 3,0	1800	Aceitável
	Tufos	0,6 a 1,7	35 a 600	
	Calcário	1,8 a 2,6	600 a 1500	Variável, de muito boa a má
Sedimentar	Brechas	1,8 a 2,7	800 a 1700	Variável, de boa a má
	Arenitos		300 a 2700	Variável, de boa a má
Metamórficas	Mármore	2,4 a 2,8	1100 a 1800	Boa
	Xisto	2,5 a 3,0	800 a 1300	Má

Os granitos encontram-se principalmente na zona norte do país, no alto Alentejo e no Algarve. É um material isotrópico, isto é, tem resistência idêntica em todas as direcções, oferecendo um excelente comportamento mecânico no conjunto da parede, o que possibilita a utilização de grandes blocos e garante que estes, mesmo depois de talhados não percam as suas principais características (Figura 4.6, Figura 4.8, Figura 2.16 e Quadro 4.1) [25].

Os xistos e ardósias encontram-se nas zonas de transição dos terrenos graníticos do Maciço Antigo para os terrenos arenitos das Orlas Marítimas, nomeadamente no Douro e Alentejo. Ao contrário do granito, é um material anisotrópico, ou seja, tem resistências à compressão muito diferentes nas duas direcções principais. Esta característica é determinante

na sua aplicação nas paredes de alvenaria resistente, pois as pedras, para além de não poderem ser demasiado grandes, devem ser sempre colocadas segundo o leito horizontal. No entanto a sua composição estratificada, torna as paredes muito impermeáveis, sendo vulgar a sua utilização como revestimento de coberturas (Figura 4.7, Figura 4.9, Figura 4.14, Figura 4.13, Figura 4.28, Figura 4.42, e Quadro 4.1) [25].

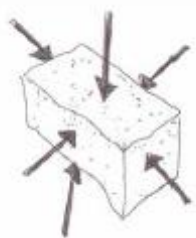


Figura 4.6 - Pedra isotrópica [15]



Figura 4.7 - Pedra anisotrópica [15]

Nas rochas sedimentares, as pedras mais utilizadas para as paredes de alvenaria resistente são os calcários e arenitos. Os calcários apresentam como melhor característica o facto de serem uma pedra mole e fácil de talhar, no entanto é frágil aos agentes externos, como o clima, humidade e mesmo o desgaste do tempo. O arenito vulgarmente utilizado na construção em Portugal é o grés, principalmente na zona do Algarve, como por exemplo o Castelo de Silves. É um material muito susceptível à presença da água, razão pela qual é apenas utilizado em climas e terrenos muito secos (Figura 4.10 e Quadro 4.1) [25].



Figura 4.8 – Localização das zonas graníticas [15]



Figura 4.9 - Localização das zonas de xistos e ardósias [15]



Figura 4.10 - Localização das zonas de calcários e arenitos [15]

Nas alvenarias antigas de pedra, identificam-se fundamentalmente três grandes tipologias de secções: simples; dupla; tripla. Com secção simples, ou de pano simples, as pedras compreendem toda a espessura da parede ou apresentam em toda espessura mais do que uma pedra transversal mas sem definição aparente de dois panos. Os elementos que compõem a secção transversal encontram-se sobrepostos e encaixados. De secção dupla ou dois panos, podendo os panos ter ou não ligação, as paredes são constituídas por dois panos completamente separados por uma junta vertical ao longo da interface de contacto, seca ou preenchida com argamassa e/ou cascalho. Quando apresenta o pano ligado, pode ser por simples sobreposição na interface de contacto ou utilização de pedras transversais que compreendem toda a espessura da parede, os perpianhos [6]. Em paredes de grande volume, de secção tripla ou três panos, existe normalmente um núcleo central, formado por pedras (ou outros materiais) de menores dimensões [5]. Em todas as tipologias de alvenaria descritas, os cunhais desempenham um papel fundamental no travamento dos panos exteriores.

Nas zonas urbanas, da qual Lisboa é um bom exemplo, podem surgir dois tipos distintos de edifícios. Um em que todas as paredes exteriores de pedra, mestras ou resistentes, são normalmente bem aparelhadas nos cunhais e com elementos de travamento. As suas paredes divisórias, que limitam os diversos compartimentos interiores, podem ser mestras, se for ao nível do rés-do-chão, em pisos superiores são estruturas reticuladas de madeira e em alguns casos embora pouco comum, poderão ser de adobes. Outro tipo de edifícios é o que apresenta um rés-do-chão em alvenaria de pedra, com pavimento em arco, que suporta alguns pisos com estrutura reticulada de madeira. Estes poderão ser ou não de ressalto [44] (Gráfico 4.2). Ambos são caracterizados por terem em média quatro pisos (Gráfico 4.1), com pé-direito muito reduzido, paredes muito densas e poucas aberturas para o exterior. No sentido de vencer os andares, utilizavam-se *escadas de tiro* (Figura 4.12) de lança único entre pisos. Caracterizam-se por uma reduzida largura, de forma a ocupar o mínimo de espaço, com inclinação muito acentuada e normalmente localizadas na extremidade do edifício, podendo por vezes serem as mesmas para dois edifícios contíguos, com abertura através das paredes mestras. O afastamento da escada, suportada por duas vigas oblíquas que se apoiavam nas vigas do pavimento, era mantido por uma série de pequenas traves que ajudavam a suportar os degraus. Geralmente encontravam-se encostadas às paredes meeiras (ou meãs) de alvenaria que dividiam os lotes (Figura 4.12). Só era possível utilizar este tipo de escadas devido ao pé-direito ser baixo.



Em zonas rurais, os edifícios raramente excediam os dois pisos; as paredes eram todas mestras ao nível do rés-do-chão, muitas vezes designava-se este piso como a “loja”, frequentemente utilizado para prestação de serviços ou para guardar animais. As paredes exteriores dos pisos subsequentes eram o prolongamento das paredes mestras, em que as interiores poderiam ter estrutura reticulada de madeira ou em adobes (menos comum). As escadas eram de pedra e frequentemente colocadas pelo exterior para acesso ao piso superior (Figura 4.11).



Figura 4.11 – Escada de tiro na Calçadinha do Tijolo (Lisboa)



Figura 4.12 - Escadas pelo exterior (Póvoa)

As paredes divisórias, com excepção das situações já definidas, não recebem directamente cargas verticais, mas são bastante importantes para o travamento geral da estrutura. Tal como as paredes resistentes, apresentam soluções diversas, dependendo do material disponível em cada região. As paredes divisórias em adobe podem encontrar-se em zonas ricas em barro, de taipa, em zonas em que escasseia a pedra, mas de um modo geral são os tabiques de madeira que predominam. Normalmente as divisões davam passagem de uma divisão para a outra, sem corredor, separadas apenas por uma porta ou abertura.

Desde o período dos Descobrimentos Portugueses que o tabique tem sido utilizado em Portugal e difundido nas suas ex-colónias, tendo sido as edificações construídas com tabique que melhor resistiram ao terramoto de 1755 [2]. São estruturas com elevada elasticidade. Consistem na pregagem de um fasquiado sobre tábuas colocadas ao alto, sendo o conjunto revestido em ambas as faces com barro ou rebocos de argamassa de cal e saibro. Podem ser exteriores ou interiores. No caso de tabiques exteriores, as paredes eram constituídas por um

conjunto de vigas, prumos e diagonais de travamento em madeira, apoiando-se nas paredes de alvenaria do piso ou pisos inferiores, que no caso das casas de ressalto avançavam sobre a rua. Constituem ainda as zonas de acréscimo, como as trapeiras e outras formas de andares suplementares. Os vazios destas estruturas eram preenchidos com pedaços de tijolo e/ou pedra ligados e rebocados com a mesma argamassa de cal e areia. Tinham como principal desvantagem a vulnerabilidade à humidade e aos incêndios. Os tabiques interiores, onde muitas vezes se apoiavam as vigas do pavimento, designavam-se como portantes e eram paralelos às fachadas com cerca de 0,20 m de espessura total. Os restantes, com funções não resistentes, divisórias, tinham entre 0,10m e 0,15m [44].

Com frequência surgem paredes com gaiola de madeira, em edifícios pré-pombalinos, embora tenha sido na época Pombalina que este tipo de estrutura atingiu uma maior expressão, uma vez que foi uma época de reconstrução massiva e de melhoria da eficácia das estruturas. Na época Pré-Pombalina, a gaiola baseava-se em um “esqueleto” de madeira, constituído por um conjunto de peças verticais, horizontais e inclinadas. As diferentes peças são entalhadas de forma a se encaixarem e ajustarem, pregando entre si e aos frechais, que por sua vez estabelecem a ligação com os pavimentos. No final os espaços criados entre as peças de madeira são preenchidos com tijolo maciço, pedra irregular ou miúda e argamassa. Apenas no final do enchimento secar é que se aplica o reboco e acabamento [1]. Deve ter-se em atenção que as paredes referidas, estão sujeitas a um acréscimo de carga ao longo do tempo, uma vez que as condições de equilíbrio estático se vão alterando, devido ao envelhecimento, fluência dos materiais, movimentos diferenciais das fundações, sismos ou aumentos de sobrecargas [51].

Em edifícios antigos, as fundações podem ser de três tipos, segundo João Appleton [1]: directas, semi-directas e indirectas. As directas e mais utilizadas neste tipo de construção, em zonas rurais e urbanas, consiste no prolongamento, através do terreno, das próprias paredes resistentes, com a mesma largura, embora por vezes possa apresentar-se maior. Quando existe uma sobrelargura, relativamente à parede de alvenaria, deve-se ao facto da fundação fazer a transição entre a parede de alvenaria e o terreno de fundação, e da implantação e construção estar sujeita a inúmeros erros de execução. Desta forma garantiam que, apesar dos desvios e condicionantes, não afectasse a superestrutura. A não apresentação de sobrelargura, poderá indicar que se está perante um terreno muito resistente, caso dos solos de Lisboa e Porto. As fundações semi-directas, consistem na execução de poços de alvenaria de pedra, encimados por arcos de alvenaria de pedra ou tijolo e verifica-se em zonas urbanas, em edifícios com mais de dois pisos. Por último, as fundações indirectas, constituídas por

estacarias de madeira em que não existe referência da sua existência em edifícios anteriores ao sismo de 1755. Os primeiros dois tipos de fundação utilizavam-se, em cidades como Lisboa e Porto, dando em alguns casos origem a caves, como forma de aproveitamento.

## **4.2 Construção de Alvenaria de Pedra Seca**

### **4.2.1 Descrição Geral**

A construção que dispensa do uso de argamassas na ligação das pedras, com excepção do revestimento dos paramentos, designa-se como alvenaria de pedra seca. Possivelmente o sistema de alvenaria resistente mais antigo e precursor dos restantes sistemas construtivos desenvolveu-se, em zonas onde a cal era escassa ou muito dispendiosa, condicionando a execução de argamassas, que dependiam deste elemento como ligante. A pedra mais utilizada era o granito e o xisto, que permitiam de uma forma económica obter grandes blocos, originando silhares de formas mais ou menos regulares [52]. É frequente o seu uso na construção de muros de vedação de propriedades, aproveitando as pedras que se acumulam nas limpezas das terras para a agricultura [8], assim como em muros de contenção de terras e empedrado das ruas [51].

Podem ser encontradas construções, em todo o norte do país, zonas serranas, em certas povoações de montanha nas Beiras (onde se denomina alvenaria insossa), no Alentejo, mas principalmente no Minho, Douro e Trás-os-Montes [67]. A estas construções correspondia um interior da habitação seco no Inverno e fresco no Verão.

Este tipo de alvenaria pode aplicar-se a fundações, a muros de suporte, a paredes exteriores e interiores, não se devendo aplicar em edifícios localizados em zonas sísmicas, devido ao seu fraco comportamento face às solicitações horizontais. Como não usa argamassas, requer um bom travamento das pedras e a utilização de elementos menores, os escassilhos. Os edifícios eram de altura limitada sem exceder, os dois pisos (térreo e sobrado), variando a espessura média entre os 0,60 m e os 0,80m.

O tipo de pedra a utilizar deve ser resistente aos esforços mecânicos exigidos pela construção e deve ser de tamanho e formas variadas, possibilitando uma melhor fixação.

Embora apresente perigo de natureza estrutural, as alvenarias que incluem pedra irregular, pequenas e mal ajustadas, torna-se vantajosa quanto às infiltrações de humidades, devido às descontinuidades criadas nas paredes que não permitem a progressão das águas do exterior para o interior e facilita as condições de secagem.

#### **4.2.2 Caracterização das Técnicas Construtivas**

No caso das paredes, neste tipo de construção, executavam-se com espessura nunca inferior a 0,40 m, mas compreendida entre os 50 e 80 cm. No caso de muros de divisão de propriedades ou revestimento de taludes, podem descer até aos 0,30m. Segundo Paz Branco [8], os construtores antigos utilizavam para determinação da espessura das paredes, uma relação, de  $1/3$  com a altura e comprimento 4 a 5 vezes a altura. A altura das paredes nunca devia ultrapassar os 6 m. Inicialmente, para a execução do embasamento, abrem-se os caboucos no pavimento com a largura da parede e uma folga de cerca de 10 cm. A profundidade deve ter pelo menos  $1/5$  da altura da parede. A vala aberta deverá ser regularizada com uma argamassa de cal e barro para fortalecer a ligação entre a pedra e o terreno, no entanto se não for possível, deverá ser preenchida de pedras de forma cuidada para evitar futuros assentamentos. As pedras a colocar na sua fundação deverão ser as de maior dimensão. Após a base estar concluída, colocam-se perpendicularmente à direcção da parede, as primeiras pedras. De seguida, com o auxílio de um fio-de-prumo, esquadro e régua, começa-se a erguer a parede, tendo sempre o cuidado de proporcionar o travamento e a posição firme de cada uma das pedras, garantindo desta forma que não fica nenhum espaço vazio, que dê origem a oscilações. Em geral, as pedras utilizadas não são muito grandes e podem ser ligeiramente talhadas para permitir um bom assentamento. As pedras de menores dimensões devem ser bem apertadas com ajuda dos escassilhos, para não fugirem, nem serem esmagadas quando se colocar outras por cima. É um processo que exige uma execução, fiada a fiada e que em cada uma seja garantido a fixação de cada pedra e o travamento da parede. É no travamento das pedras que está o segredo, que garante toda a estabilidade da estrutura. Todas as pedras deverão estar perfeitamente firmes, sobrepostas com o mínimo de vazios, sem oscilarem em qualquer dos sentidos e bem apertadas, sem possibilidade de fuga ou esmagamento de fragmentos de pedra, que funcionem como estabilizadores. Para vencer os vãos são colocadas vigas de madeira ou de pedra (Figura 4.15) [67].

Dos edifícios visitados, foi possível observar que a construção dos pavimentos dos pisos superiores é feita através do encaixe de vigas de madeira em pequenas aberturas (Figura 4.13 e Figura 4.14), durante a construção, e fixadas ou não por fragmentos de pedras. O pavimento é constituído por soalho de madeira fixado directamente nas vigas.



Figura 4.14 - Soalho assente directamente nos vigamentos



Figura 4.13 - Abertura para suporte dos vigamentos do 1º piso (vista exterior) - Piódão

Em pedras de cantaria, com junta seca, utilizava-se por vezes, ligações metálicas ou de madeira, para garantir uma boa ligação entre pedras. As aberturas realizadas nas pedras eram, posteriormente, preenchidas com chumbo. É comum encontrar este processo em edifícios monumentais. As juntas não devem ser preenchidas, como o próprio nome da técnica sugere, e não podem verificar-se juntas coincidentes, entre duas fiadas contínuas, longínqua ou transversalmente. É necessário que cada fiada de pedra consolide e trave perfeitamente a anterior, devendo estar perfeitamente regularizada (mas não alisada) para a nova assentar.

Em relação a paredes de enxilharia, o processo de execução é semelhante ao de cantaria, apenas se diferencia a nível da estética, com o seu aspecto mais tosco, devido ao desgaste que levaram.

Os muros de vedação e de contenção, executam-se do mesmo modo que as paredes para habitação, com excepção da colocação de um coroamento, feito em alvenaria corrente ou cantaria, para que as águas da chuva, não se infiltrem e não levem ao desmoronamento.

A composição do aparelho depende essencialmente da sensibilidade do construtor, consequência do conhecimento empírico e dos legados deixados pelas várias gerações. No desenvolvimento da parede deve ter-se em atenção os pontos críticos, locais de contacto com o solo, com a cobertura e com elementos salientes, como alpendres e varandas. Estes últimos

elementos devem ter um balanço relativamente pequeno, uma vez que a parede não tem constituição capaz de aguentar consolas de grandes dimensões. A estrutura destes elementos, habitualmente em madeira, não tem balanços superiores a 80 ou 90 cm e são colocadas durante a execução das paredes para que fiquem perfeitamente encastradas no conjunto da parede [15].

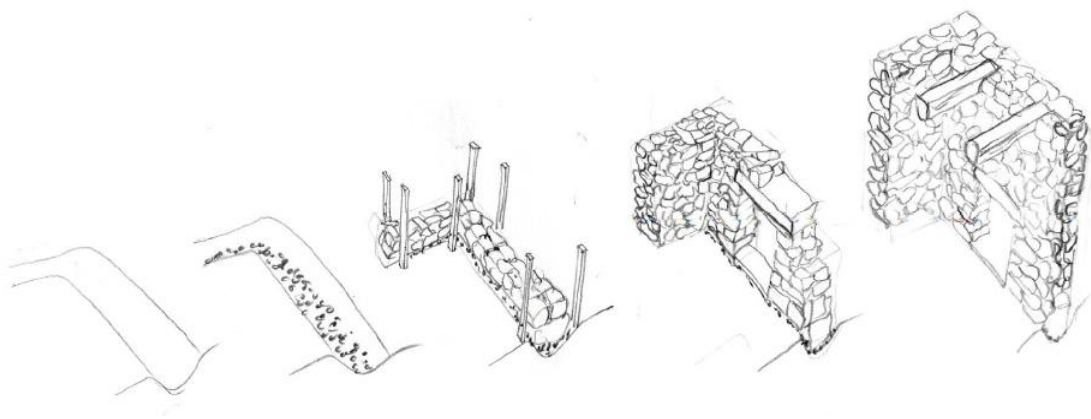


Figura 4.15 - Sequência de montagem da alvenaria de pedra seca [15]

### **4.3 Construção de Alvenaria de Pedra Corrente**

#### **4.3.1 Descrição Geral**

A alvenaria de pedra corrente caracteriza-se por ser uma técnica rápida mas menos cuidada, quando comparada com as outras duas técnicas de construção em pedra. Pode ser utilizada em todo o tipo de construções, dependendo apenas do material disponível em cada local. Constituída por pedras de dimensões médias, irregulares (transporte manual), ou pedaços de elementos cerâmicos, ligados entre si por uma argamassa de cal e areia, rebocadas e pintadas com cal e pigmentos naturais [44], esta é a técnica que oferece melhores relações entre facilidade de execução, rentabilidade do material e desempenho da parede.

Constituía grande parte dos edifícios construídos, nas malhas urbanas, com mais de dois pisos. Técnica utilizada na construção de paredes exteriores e interiores, de pedra irregular, sem faces aparelhadas, era executada com argamassa de cal e areia, revestida com ou sem reboco, sendo mais comum, na época, a última situação. A introdução de argamassa permite por um lado executar a parede de uma forma mais expedita, uma vez que os vazios

entre as paredes são colmatados, oferecendo à parede uma maior solidarização, mais resistência, menor espessura e permitindo maiores vãos. As argamassas de assentamento utilizadas variam consoante as disponibilidades locais de material, entre terra mais ou menos argilosa, com a cal aérea. O traço volumétrico médio utilizado era de 1:3 cal aérea e areia [51]. No entanto, antes de se iniciarem os trabalhos, é necessário averiguar se a argamassa é compatível com a pedra utilizada (Quadro 4.1). Como acabamento, era utilizada uma caição. Quando constitui as paredes exteriores, as paredes mestras apresentam poucas variações ao longo dos séculos, do ponto de vista construtivo, apenas a registar a redução ao longo do tempo da espessura das paredes, devido ao desenvolvimento técnico e científico e a uma redução de custos da construção.

### **4.3.2 Caracterização das Técnicas Construtivas**

Começa-se por abrir os caboucos, preenchidos com alvenaria de pedra até atingir o nível do terreno. Este embasamento poderá também ser preenchido com argamassada de cal ou barro de forma a regularizar o local onde se vai erguer as paredes. Marca-se o local onde vão ser executados os vãos das janelas e portas (Figura 4.16). Para facilitar o trabalho no levantamento das paredes, utilizavam-se taipais, semelhantes à construção em taipa, sendo o interior dos taipais preenchido com argamassa de cal e areia, pedra pequena, materiais cerâmicos, entre outros. Este método era comum nas habitações localizadas nas malhas urbanas, quando a pedra era escassa mas se pretendia construir em altura. Aquando o erguer das paredes, a base desta deveria ser preenchida com pedras maiores, dispondo-as com a maior dimensão perpendicularmente à direcção da parede (Figura 4.16).

As pedras grandes devem ficar equilibradas sem auxílio de calços ou escassilhos (pedras pequenas ou lascas de materiais cerâmicos). Estes apenas devem servir para preencher os espaços vazios, o que de certa forma segue as regras de arrumação e travamento referidas para a alvenaria seca, comportando-se a argamassa apenas como elemento normalizador de transmissão vertical de cargas e garantia de solidez do conjunto. Deve ter-se o cuidado de assentar as pedras pela parte mais lisa, evitando que oscilem e sejam deixados espaços vazios sem argamassa. As pedras, antes de serem assentes, são molhadas e pulverizam-se as que já estão assentes, uma vez que facilita a aderência da argamassa. Tal como descrito anteriormente e no Quadro 4.1, ter-se-ia que ter em conta a aderência entre argamassa e pedra de modo a evitar problemas de estabilidade.

Quando se pretende que a alvenaria corrente fique à vista, sem revestimento, e que não se assemelhe a uma fraca imitação de alvenaria aparelhada, há que ter o cuidado de escolher os fragmentos que irão preencher os vazios, com faces mais ou menos cuidadas. Caso as juntas fossem deixadas à vista, tinha-se alguns cuidados na sua definição, ou seja, se esta era contínua (deixada à face) ou refundida (com alguma profundidade). No entanto se não se verificasse nenhum dos casos anteriores e estas apresentassem arestas muito vivas e agressivas, tentava-se colocar no interior do paramento, para que a argamassa das juntas os encubra [8]. Não havia grande preocupação em deixar os paramentos muito regulares, uma vez que essa irregularidade contribuía para a aderência da argamassa do reboco. Algumas alvenarias poderão apresentar-se defeituosas, face às grandes diferenças de resistência, entre argamassas e pedras, e com o facto de as cargas serem transmitidas pontualmente através das saliências das pedras, que enfraquecem as paredes e se desagregam do reboco nesses pontos.

Como estas paredes são constituídas por pedras de várias dimensões (podendo afectar a integridade da parede) e podem adquirir alturas consideráveis, colocam-se fiadas de nivelamento. Muitas vezes essas fiadas são realizadas com outro tipo de material, por exemplo, em uma parede de xisto podem ter como outro constituinte, o granito, numa parede de calcário, pode ter o tijolo maciço, tal como acontece no edifício do Largo do Contador Mor, identificado no ANEXO IV com a ficha de edifício L2, do levantamento efectuado a edifícios pré-pombalinos da cidade de Lisboa.

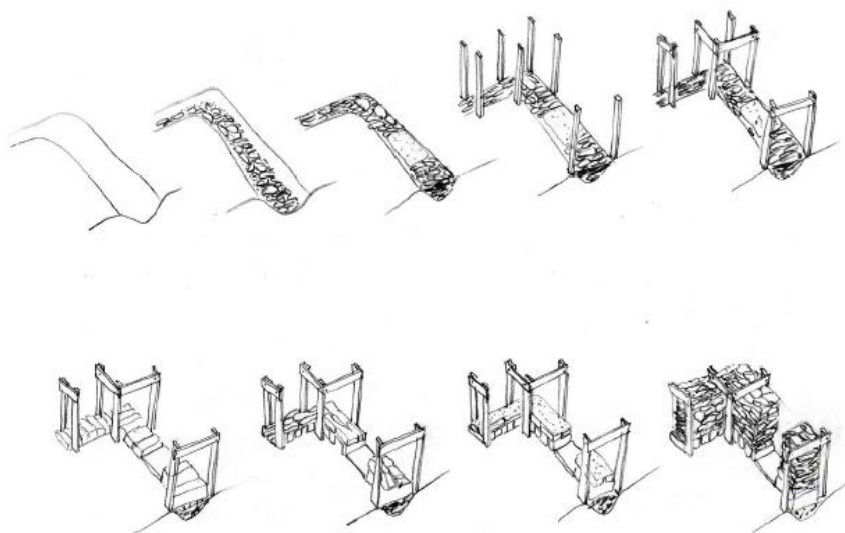


Figura 4.16 - Sequência de montagem de alvenaria de pedra corrente [15]



A estabilização que a argamassa oferece à parede permite que esta possa alcançar maiores dimensões, tanto em altura como em comprimento, tal como já referido anteriormente. Desta forma, existe uma maior liberdade formal na concepção do edifício, ou seja, este facilmente pode ter mais que um piso e a distância entre paredes pode ser maior, existindo uma maior capacidade resistente da sua parte.

Nas paredes de pedra corrente, o apoio dos frechais era de extrema importância, tendo em conta que estes iriam servir de apoio ao vigamento dos pavimentos (Figura 4.17, Figura 4.18 e Figura 4.19). Podia ser feito de vários modos, embora sejam dois os que mais se distinguem. Um consiste em ficar encastrado, até meia espessura e fixos ou não por ferrolhos (normalmente de utilização posterior ao terramoto de 1755, na sequência de obras de reparação). Outro caso, mais comum, é o frechal apoiar em cachorros de cantaria, adequadamente espaçados [51]. Em ambos os casos as vigas poderiam ficar ou não encastradas na parede.

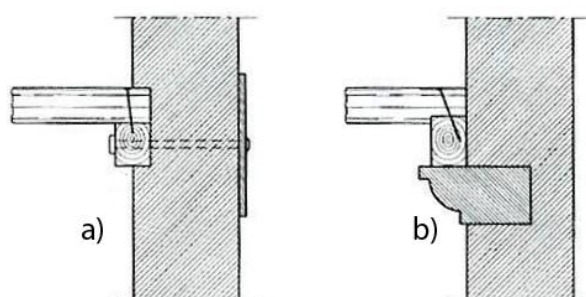


Figura 4.17 – Frechais – representação esquemática: a) Encastrado na parede mestra e fixo por ferrolho; b) apoiado em cachorros de cantaria [52]



Figura 4.18 – Frechal encastrado na parede (Forte S. Sebastião da Caparica)



Figura 4.19 – Cachorro para apoio de frechal (Forte S. Sebastião da Caparica)

## 4.4 Construção de Alvenaria de Pedra Aparelhada

### 4.4.1 Descrição Geral

A alvenaria de pedra aparelhada é constituída por pedras regulares ou irregulares assentes em argamassa, escolhendo-se para formar os paramentos as pedras de melhor aspecto e que se aparelham em uma das faces, ou por pedras de cantaria ou de enxilharia. Esta tecnologia origina edifícios monolíticos de composição ortogonal, consequência da utilização de blocos de grandes dimensões, frequente nas zonas onde a pedra é abundante, tendo em conta que as pedras são transportadas para o local com as dimensões aproximadas à forma que se pretende. No entanto apenas no Minho e em Trás-os-Montes se construíam as casas rurais com esta tecnologia, sendo que neste local era a tecnologia que reunia as melhores condições na relação recurso/viabilidade construtiva/desempenho do edifício [15]. No resto do país, mas mais predominantemente no norte, é visível este tipo de construção em edifícios militares, nobres e religiosos (Figura 2.16 e Figura 2.17), mas utilizando pedra de cantaria, mais cuidada e de conceito nobre. No seu aspecto mais rústico, em habitações rurais e quando formadas por pedras de forma poligonal irregular, assemelha-se ao aparelho romano “*opus incertum*” (Figura 4.3). No entanto também se encontram habitações rurais com um aparelho mais regular, designado por *bujardão*, em que as pedras têm um formato paralelepípedo. Para ambos os aparelhos eram seleccionadas as pedras com melhor aspecto, formando uma superfície plana (Figura 4.11).

A escolha do tipo de pedra a utilizar nesta tecnologia é importante, uma vez que deverá ser usada aquela que permita o aparelhamento em todas as direcções, sem perder as suas características, como o granito ou o calcário, tal como descrito anteriormente no início deste capítulo. Também a forma como a pedra irá ser talhada, as suas dimensões e a definição da junta são determinantes na concepção, formal da parede de alvenaria, sem esquecer a textura, cor e volumetria de cada uma, que em conjunto caracterizarão a parede.

#### 4.4.2 Caracterização das Técnicas Construtivas

O processo de execução da alvenaria de pedra aparelhada é semelhante ao de pedra corrente (Figura 4.20), no entanto, devido à utilização de pedras de grandes dimensões com forma mais ou menos paralelepípedicas, obriga, em contraste com outras tecnologias de pedra, a uma planificação da forma (estereotomia) que irá ser encontrada para o edifício. Após a execução do embasamento (de execução igual à alvenaria de pedra) e marcação das janelas e portas, procede-se à preparação da pedra para a alvenaria. Esta deve ser desbastada convenientemente, para apresentar uma forma rígida e adequada. De seguida molham-se as pedras de forma a limpar a sujidade e humedecê-las. Após se conferir que estão convenientemente preparadas e antes da aplicação da argamassa, colocam-se a seco no lugar a ocupar, para ajustar o modo como iriam assentar. Molha-se a fiada de pedras que está assente e estende-se uma camada de argamassa, coloca-se a pedra e bate-se com um maço até a argamassa sair pelas juntas, procede-se do mesmo modo para as fiadas seguintes. A face que vai ficar à vista deve ser regularizada, mas os topos apenas o devem ser, quando necessário e apenas para facilitar o encontro com as outras pedras. Não se devem deixar vazios entre as pedras, que não sejam preenchidos por argamassa ou pedras pequenas, garantindo que os agregados que possam possuir nunca excedam as dimensões da junta. Convém acamar as pedras segundo leitos horizontais, para que melhor resistam a esforços de compressão [67]. Após o assentamento de cada fiada, preenchem-se as juntas verticais, que nunca deviam ser contínuas entre duas fiadas consecutivas (designa-se por matar as juntas).

Para além dos cuidados descritos anteriormente na execução de uma alvenaria, quando se trata de pedras de cantaria, teria que se ter um cuidado extra, tendo em conta que para além da função estrutural e técnica, lhe está associada a estética. Requeria que, durante o seu assentamento, fosse continuamente monitorizado o alinhamento ou distorcimento da parede. As superfícies de separação das paredes deviam apresentar-se horizontais, bem desempenadas e sem saliências que pudessem ser esmagadas pelas forças de compressão. Utilizava-se em alguns casos, elementos metálicos ou de madeira, para solidarizar duas fiadas consecutivas. Sendo as aberturas realizadas para as ligações, posteriormente preenchidas com chumbo, tal como para a alvenaria de pedra seca.

O processo de assentamento das pedras de enxilharia com junta argamassada é do mesmo modo que as de cantaria. Salienta-se o uso por vezes de calços de fragmentos de pedra

dura guarnecidos com argamassa. Esta alvenaria quando não apresentava um aspecto “digno” de estar à vista, rebocava-se os paramentos [51]. A argamassa utilizada nas paredes de alvenaria resistente é uma argamassa comum do tipo corrente, adaptada às características da pedra (Quadro 4.1). No entanto em situações de presença constante de humidade, como por exemplo nas paredes enterradas, é frequente a utilização de uma argamassa com características hidráulicas.

Na construção dos cunhais, deveriam ser usadas pedras de maiores dimensões, devidamente contra-fiadas para fixar os dois planos da parede. Estes locais eram por norma alvo de um especial cuidado de execução, tanto no que se refere à estabilidade da parede como da forma da mesma, evidenciando-se a mestria do executante.

A aplicação dos frechais neste tipo de alvenaria realizava-se do mesmo modo que o descrito para as paredes de alvenaria de pedra corrente (vd. 4.3 e Figura 4.17, Figura 4.18 e Figura 4.19).

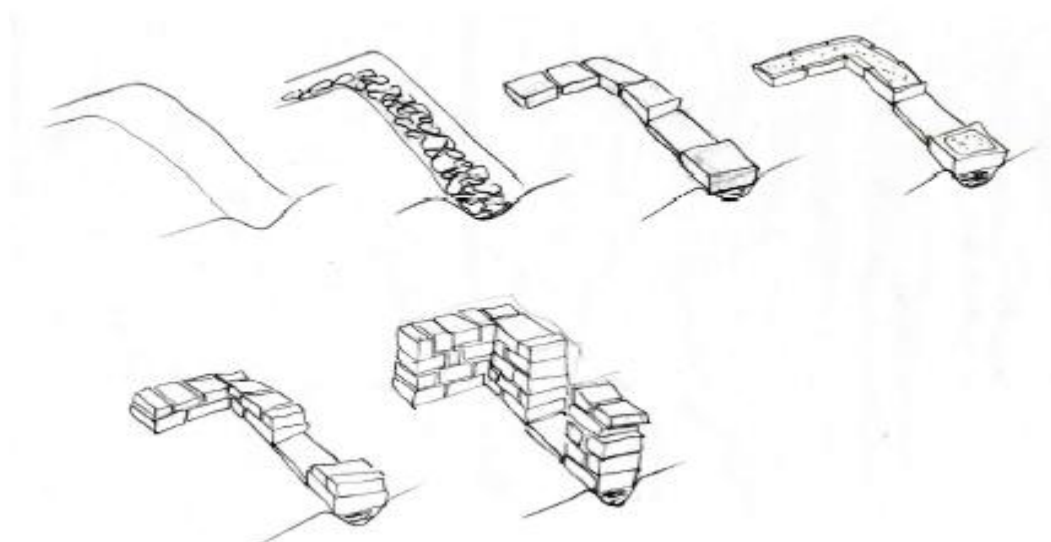


Figura 4.20 - Sequência de construção em alvenaria de pedra aparelhada [15]

## **4.5 Caracterização mecânica das Alvenarias de Pedra**

### **4.5.1 Descrição Geral**

Os edifícios actuais apresentam alvenarias constituídas por tijolos cerâmicos, sendo de fácil análise a geometria e dimensões das suas secções. Classificam-se quanto à espessura, aparelho e número de panos. Nos edifícios antigos essa análise é mais complexa, as alvenarias apresentam grandes espessuras (superiores a 50 cm), pouco homogéneas, constituídas por vezes com pedaços cerâmicos, juntas largas, distribuição irregular de pedras, que dependem da disponibilidade local dos materiais, e também das tecnologias construtivas utilizadas.

As alvenarias de pedra têm uma constituição diversa que depende da época, dos costumes locais e do local de construção. São caracterizadas por uma grande irregularidade geométrica e falta de homogeneidade material, resultado das diversas características físicas dos materiais utilizados. A presença de cavidades ou vazios interiores é uma característica destas alvenarias que aparecem, consoante os casos, em maiores ou menores percentagens [62] (v.d. 4.5.3).

Intervir nestes edifícios, numa primeira fase, consiste na inspecção do edifício, garantindo um bom conhecimento dos materiais que o constituem, do seu estado, e das técnicas utilizadas. Esta tarefa pode requerer a utilização de meios técnicos que permitam avaliar de forma sustentada o estado físico e caracterizar as paredes de alvenaria.

Alguma desta tecnologia materializa-se na realização de ensaios e estudos não destrutivos. No entanto continua a existir uma necessidade de recolher maior quantidade de informação sobre as alvenarias. Recorreu-se como ponto de partida a um estudo iniciado em Itália pela professora Luigia Binda.

### **4.5.2 Levantamento de alguns edifícios pré-pombalinos em Lisboa**

Pretende-se com este levantamento, corroborar a descrição feita ao longo deste capítulo para edifícios de alvenaria de pedra e disseminar o conhecimento adquirido neste tipo de construção a todos os interessados na reabilitação deste vasto património edificado. Desta forma procedeu-se ao levantamento detalhado e sistematização de informação sobre algumas construções existentes.

Dada a grande variedade de construções, quer ao nível dimensional, quer da sua constituição, seleccionou-se um conjunto de amostras representativas das suas tipologias.

Para facilitar o reconhecimento dos edifícios, foi criada uma ficha de identificação, designada de Ficha de Edifício, tal como se apresenta no ANEXO IV. Esta ficha visa registar informação fotográfica e escrita do local exacto da construção estudada e identificar características da mesma. Através das coordenadas, foi possível identificar cada edifício com maior exactidão, num mapa bidimensional (Figura 4.21 e Figura 4.22), de modo a que se consigam identificar os locais onde este tipo de construções era predominante. Através das características recolhidas será possível fazer um levantamento estatístico dos vários elementos das construções, nomeadamente: andares de ressalto; fachadas de bico; número de pisos; águas da cobertura, entre outros.

O período de reconhecimento (contacto com as pessoas que estão ligadas ou possuem interesse e acesso a este tipo de construção) desenvolveu-se ao longo de toda a dissertação, em paralelo com outros trabalhos desenvolvidos na mesma.

Para facilitar a identificação e análise, os edifícios foram seriados na forma  $Li$ , em que  $L$  representa a localização do edifício em Lisboa, e o índice  $i$  representa o número do edifício inspeccionado.

Foi ainda criada uma base de dados geográfica no programa Google Earth, que serviu de ferramenta de suporte a este trabalho, que permite o armazenamento de informação geográfica das construções inspeccionadas, possibilitando consultas rápidas de informação e sua representação espacial (Figura 4.21 e Figura 4.22). Como este programa permite a visualização de imagens satélite dos locais requeridos, torna-se numa ferramenta bastante útil para analisar de uma outra perspectiva as coberturas das habitações e a sua envolvente.

Nesta secção apenas se apresentarão alguns dos resultados finais correspondentes ao trabalho de campo, ficando as tabelas e fichas de edifício referentes aos mesmos e outras remetidas para o ANEXO V.

Durante as visitas aos edifícios, mas com uma maior evidência no pós-processamento dos dados observados, pôde-se concluir que os edifícios na zona histórica e urbana de Lisboa apresentam um número médio de quatro pisos ( Gráfico 4.1 e Gráfico 4.2 ), tal como já referido na secção 4.1. No parque habitacional de Lisboa os edifícios são tipicamente de fachada em bico ou de ressalto ( Gráfico 4.2 ), embora se tenham encontrado outros fora desta tipologia, destacando-se um de grandes dimensões para a época (vd. Ficha de edifício L3 no

ANEXO V) e um outro que é em simultâneo de ressalto e de fachada em bico (vd. Ficha de edifício L8 no ANEXO V). O cruzamento de dados, entre os edifícios de ressalto ou de fachada em bico, com o número de pisos, sugere que os edifícios de ressalto são em média mais altos um piso que os de fachada em bico. Devido à existência de um maior número de edifícios de fachadas em bico ( Gráfico 4.2 ) o número médio de águas das coberturas é duas. Realça-se que através do cruzamento de dados entre os edifícios com águas furtadas e os de fachada de bico ou andar de ressalto, apenas existe aproveitamento das águas furtadas nos primeiros - edifícios de fachada de bico.

Sabendo que muitas das habitações da zona histórica de Lisboa em análise têm mais de 300 anos (das mais antigas de Lisboa), não seria surpreendente encontrar uma grande parte devoluta. No entanto, após a recolha dos dados, concluiu-se que apenas dois edifícios se encontram nesse estado (Gráfico 4.3), os restantes encontram-se com todos os fogos ocupados ou parcialmente. Refira-se que a maioria é ocupada por população mais idosa.

Através de uma análise ao modo de implantação dos edifícios, foi possível concluir que 2/3 se encontram no meio de uma banda e em contraste, devido à construção em massa não foi possível identificar nenhum edifício isolado (Gráfico 4.5). Este último dado sugere que a maioria dos edifícios que sobreviveu ao terramoto de 1755 estaria confinado por outros que ruíram ou não durante o cataclismo. Os que ruíram deram lugar a edifícios de época posterior.

Quanto ao estado de conservação, apenas foi feita uma análise em relação ao que foi possível observar, nomeadamente: fachadas e zonas comuns interiores. No entanto, tal como se observa no Gráfico 4.4 apenas 14,3% dos edifícios se encontram em bom estado o que demonstra a falta de sensibilização que ainda existe para a requalificação e conservação do património. Torna-se mais preocupante constatar, quando se cruzam os dados com os do local de implantação, que apenas um dos edifícios do extremo de uma banda se encontra em bom estado, o que sugere fragilidades para fazer frente a futuras solicitações estruturais.

No ANEXO V é ainda possível encontrar outros dados observados, que poderão ser úteis para futuros trabalhos a desenvolver.





Figura 4.21 - Edifícios pré-pombalinos identificados na zona do Castelo de S. Jorge (utilizando o Software GoogleEarth)



Figura 4.22 - Edifícios pré-pombalinos na zona de Belém (utilizando o Software GoogleEarth)



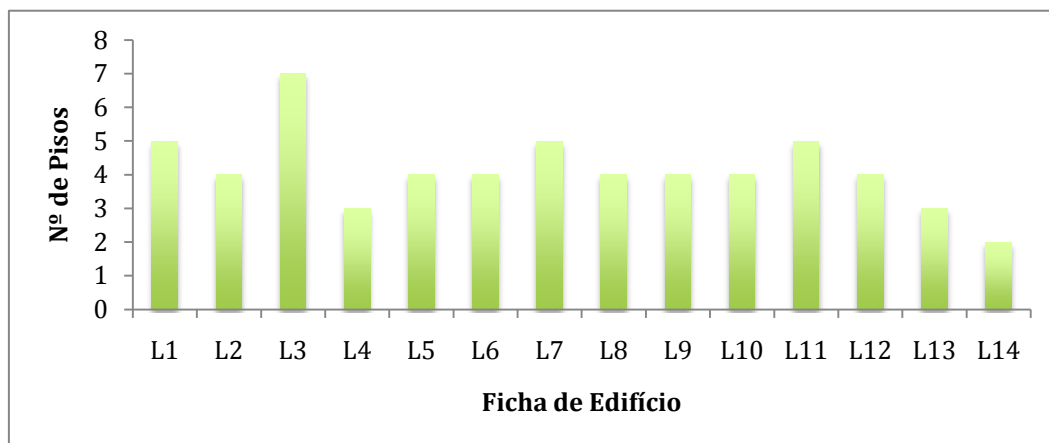


Gráfico 4.1 - Identificação do número de pisos em cada edifício

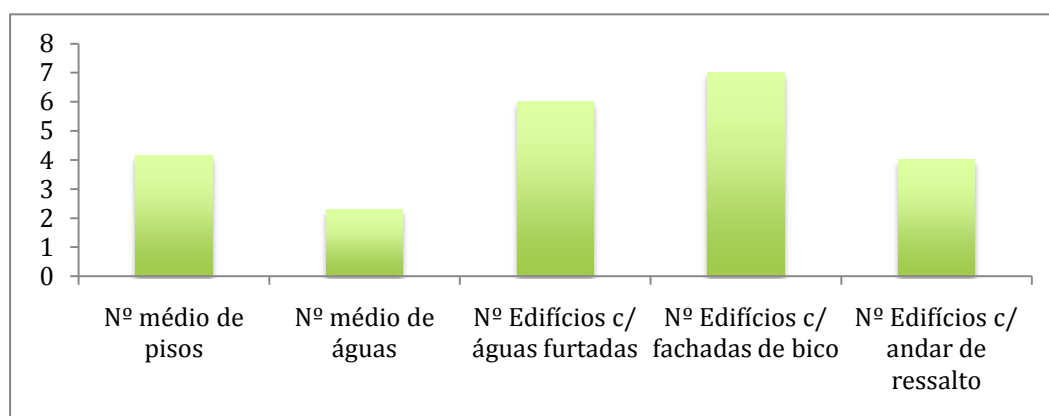


Gráfico 4.2 - Características diversas que definem o património edificado em Lisboa

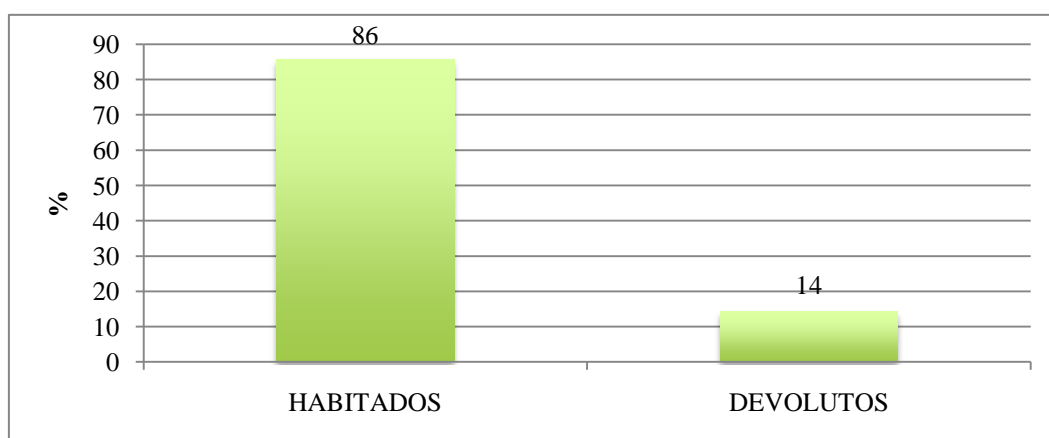


Gráfico 4.3 - Percentagem de edifícios observados

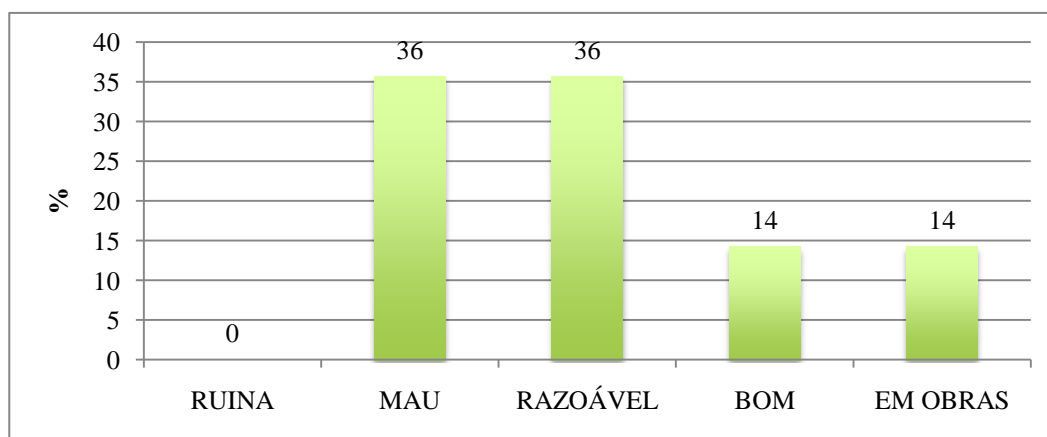


Gráfico 4.4 - Estado de conservação dos edifícios observados

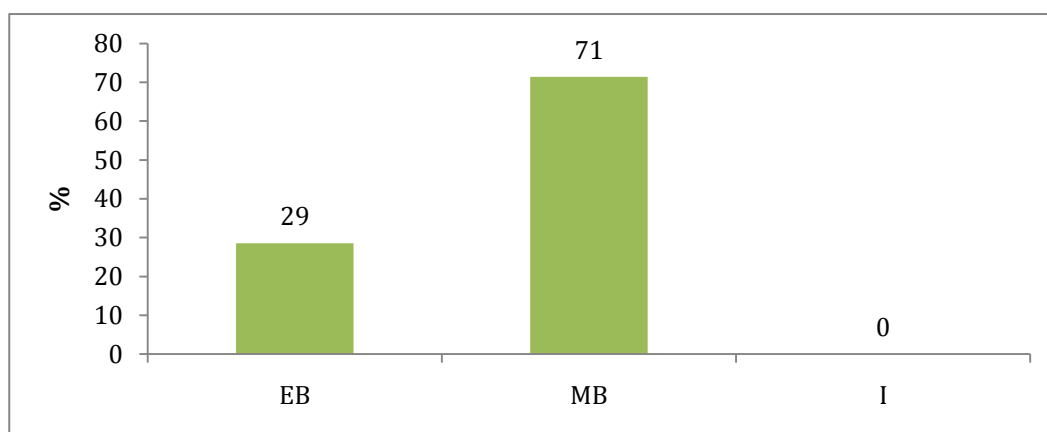


Gráfico 4.5 - Implantação dos edifícios observados: EB - Edifício no extremo de uma banda; MB - Edifício no meio de uma banda; I – Edifício isolado

### 4.5.3 Estudo e caracterização das secções de alvenaria de pedra

Foi decidido iniciar o estudo sistemático de caracterização das secções das alvenarias de pedra, através de uma investigação de diferentes geometrias das alvenarias e técnicas de construção, tendo em conta a sua tipologia e diferentes condicionalismos. Torna-se assim um ponto de partida para a classificação de diferentes secções de alvenaria, contribuindo desta forma para a identificação de grupos homogêneos de secções e para o estudo dos comportamentos e características mecânicas. Espera-se que esta contribuição possa abrir caminho a outros trabalhos, bem como à continuidade do mesmo, permitindo correlacionar os vários dados, elaborar estatísticas, sistematizar e padronizar parâmetros relevantes para as várias tipologias.

Através deste estudo é possível ter uma percepção do comportamento mecânico-estrutural e observar características morfológico-construtivas, o que permitirá obter: percentagens, posição, geometria e forma da pedra, argamassa e vazios nas alvenarias; número de paramentos; a existência ou não de elementos de ligação; características de assentamento, entre outros. Desta forma, a análise da secção transversal das paredes desempenha um papel fundamental no estudo das propriedades e comportamento das alvenarias, permitindo numa análise posterior, avaliar, entre outros parâmetros, o risco de desmoronamento e o tipo de reforço a utilizar.

#### **4.5.3.1 Descrição e procedimento para caracterização de secções de alvenaria**

Para realizar um estudo sistemático de cada secção, recorreu-se a uma análise fotogramétrica com o auxílio de uma máquina fotográfica digital Nikon de resolução de 8 megapixéis com zoom óptico de 12x e o software Autocad 2010. Foram tiradas várias fotografias a secções visíveis das alvenarias de pedra, com diferentes distâncias ao plano. Deste modo, após transferir as imagens para o computador, foi possível seleccionar as que melhor se enquadram com o objectivo do estudo, evitando voltar ao local. A qualidade de cada fotografia utilizada deve ser tal que seja possível identificar a forma e tamanho dos objectos, padrões, textura e tonalidade. Como escala foram utilizados objectos com forma geométrica regular, que não sofra variações dimensionais, com cor uniforme e que permita a sua fácil identificação na fotografia.

Após a escolha da fotografia e a sua inserção no Autocad, converteu-se a fotografia à escala pretendida e criaram-se vários *layers*: um para a pedra (de cor azul); outro para a argamassa (de cor vermelha); um para os vazios (de cor verde); para os elementos cerâmicos (cor de laranja); para os contornos (de cor preta); e ainda para a imagem. Para os contornos das pedras, vazios, argamassa e elementos cerâmicos, utilizou-se o comando *spline*, criando um objecto bidimensional fechado em que seja possível calcular a área e atribuir-lhe um *hatch* (fundo padrão) para facilitar a identificação de cada elemento na fotografia. Optou-se por iniciar o processo pela pedra seguindo-se os elementos cerâmicos e os vazios, e no final a argamassa. O processo aqui descrito, assim como toda a informação extraída de cada secção transversal de alvenaria, foi condensado em quadros resumo (Quadro 4.2, Quadro 4.3 e Quadro 4.4), gráficos (Gráfico 4.6 e Gráfico 4.7) e figuras (Figura 4.23, Figura 4.24, Figura 4.25 e Figura 4.26) para uma maior facilidade na análise.

Em relação à selecção dos edifícios ou estruturas, procurou-se as que apresentassem paredes de alvenaria com secção transversal vertical exposta, resultante de ruína, demolição ou alteração. Desta forma era permitida uma recolha completa de dados que possibilitasse posterior análise. Todas as condicionantes descritas anteriormente limitaram o número de amostras recolhidas, orientando as recolhas de amostras para edifícios com degradação moderada a elevada.

Quadro 4.2 - Resumo das localizações geográficas das secções de alvenaria de pedra

	Calçada do Grilo (Lisboa)	Rua do Chafariz Público – Serrado	Travessa da Escola Primária – Porto Brandão	Rua da Liberdade – Monte da Caparica
Latitude	38°43'50.30"N	38°39'36.01"N	38°40'36.74"N	38°40'3.19"N
Longitude	9°6'33.30"W	9°11'34.67"W	9°12'28.39"W	9°13'27.15"W
Tipologia	Alvenaria de pedra corrente	Alvenaria de pedra corrente	Alvenaria de pedra corrente	Alvenaria de pedra corrente

Quadro 4.3 - Resumo das características das secções de alvenaria analisadas

	Calçada do Grilo (Lisboa)	Rua do Chafariz Público – Serrado	Travessa da Escola Primária – Porto Brandão	Rua da Liberdade – Monte da Caparica
Área analisada (cm <sup>2</sup> )	10063,52	6004,93	11935,53	5234,72
Área Vazios (cm <sup>2</sup> )	276,35	123,98	1483,40	548,08
Área de Pedra (cm <sup>2</sup> )	6616,18	5135,56	8130,40	2597,35
Área de argamassa (cm <sup>2</sup> )	3170,99	745,38	2321,73	1822,64
Área de elementos cerâmicos (cm <sup>2</sup> )	0	0	0	275,64
Espessura média (cm)	63	57	72	42

Quadro 4.4 - Características médias, máximas e mínimas das secções de alvenaria analisadas

	Calçada do Grilo (Lisboa)	Rua do Chafariz Público – Serrado	Travessa da Escola Primária – Porto Brandão	Rua da Liberdade – Monte da Caparica
Dimensão média de vazios (cm <sup>2</sup> )	8,37	2,21	211,91	60,90
Dimensão máxima de vazios (cm <sup>2</sup> )	90,48	18,32	836,35	369,48
Dimensão mínima de vazios (cm <sup>2</sup> )	0,24	0,05	12,55	0,67
Dimensão média de pedra (cm <sup>2</sup> )	100,25	128,39	125,08	86,58
Dimensão máxima de pedra (cm <sup>2</sup> )	752,21	902,12	1630,98	320,54
Dimensão mínima de pedra (cm <sup>2</sup> )	2,71	0,953	3,85	5,09

Legenda:

Vazios  
Pedra  
Argamassa  
Elementos  
Cerâmicos  
Contornos

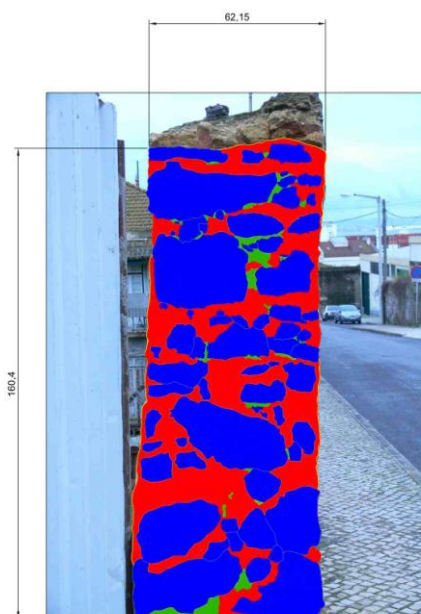


Figura 4.23 - Elementos constituintes da secção transversal da Calçada do Grilo em Lisboa

Legenda:

Vazios  
 Pedra  
 Argamassa  
 Elementos  
 Cerâmicos  
 Contornos

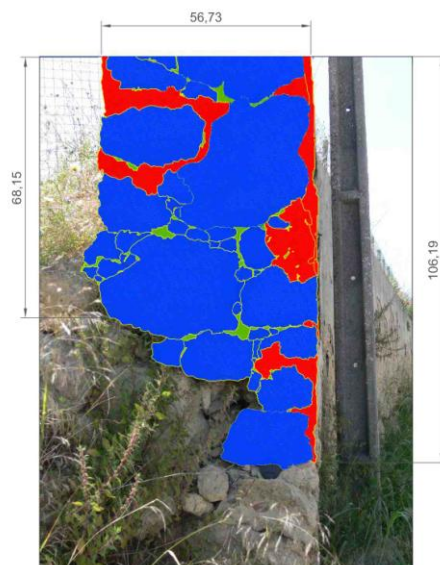


Figura 4.24 - Elementos constituintes da secção transversal da Rua do Chafariz Público - Serrado

Legenda:

Vazios  
 Pedra  
 Argamassa  
 Elementos  
 Cerâmicos  
 Contornos

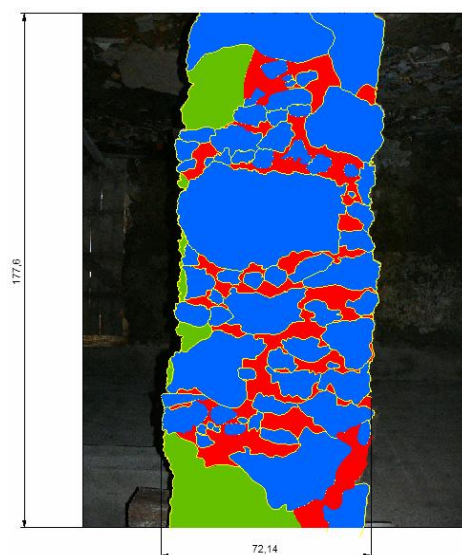


Figura 4.25 - Elementos constituintes da secção transversal da Travessa da Escola Primária - Porto Brandão

Legenda:

Vazios  
Pedra  
Argamassa  
Elementos  
Cerâmicos  
Contornos

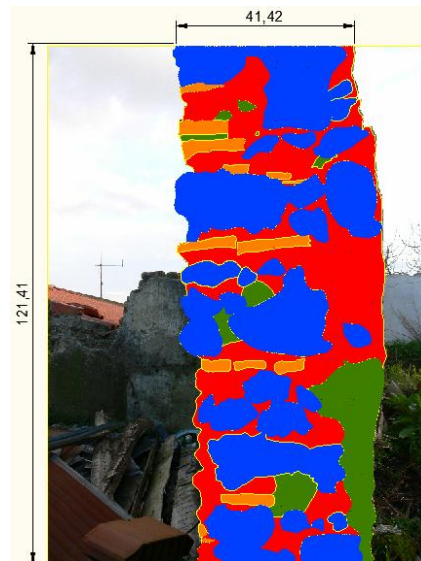


Figura 4.26 - Elementos constituintes da secção transversal na Rua da Liberdade - Monte da Caparica

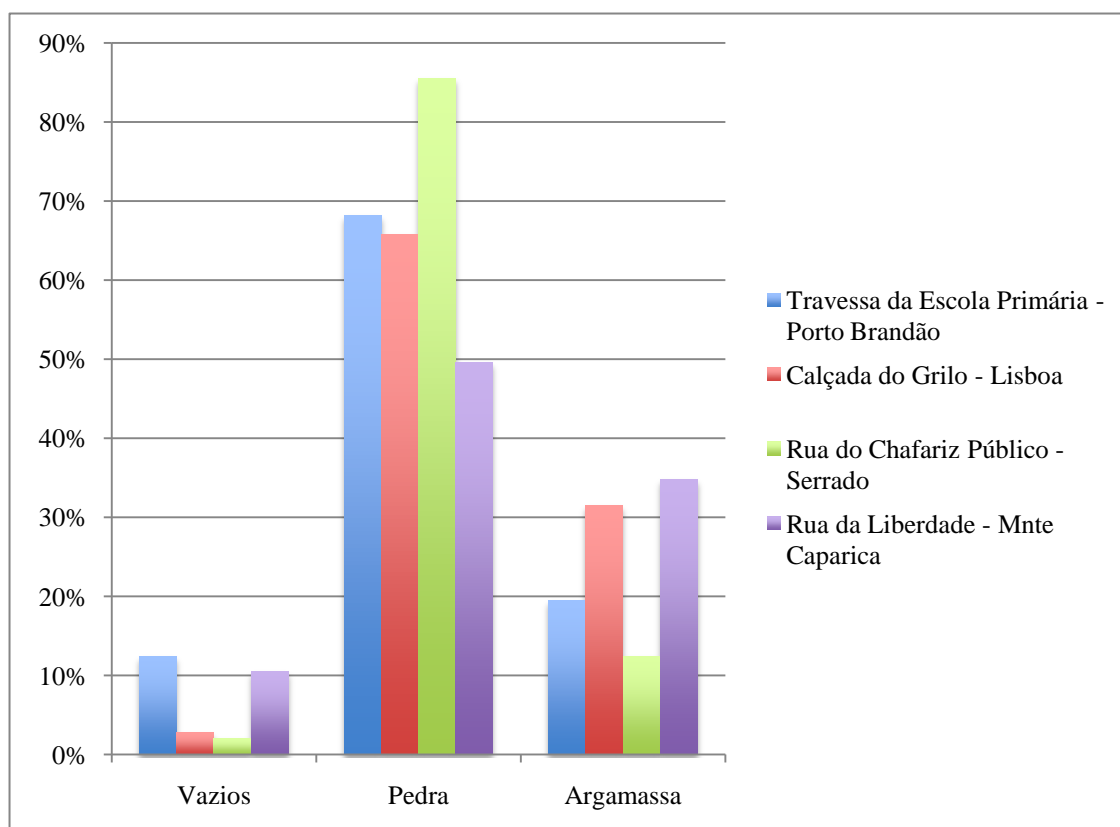


Gráfico 4.6 - Comparação entre as percentagens de áreas de vazios, pedra e argamassa, em relação a cada área de secção transversal analisada

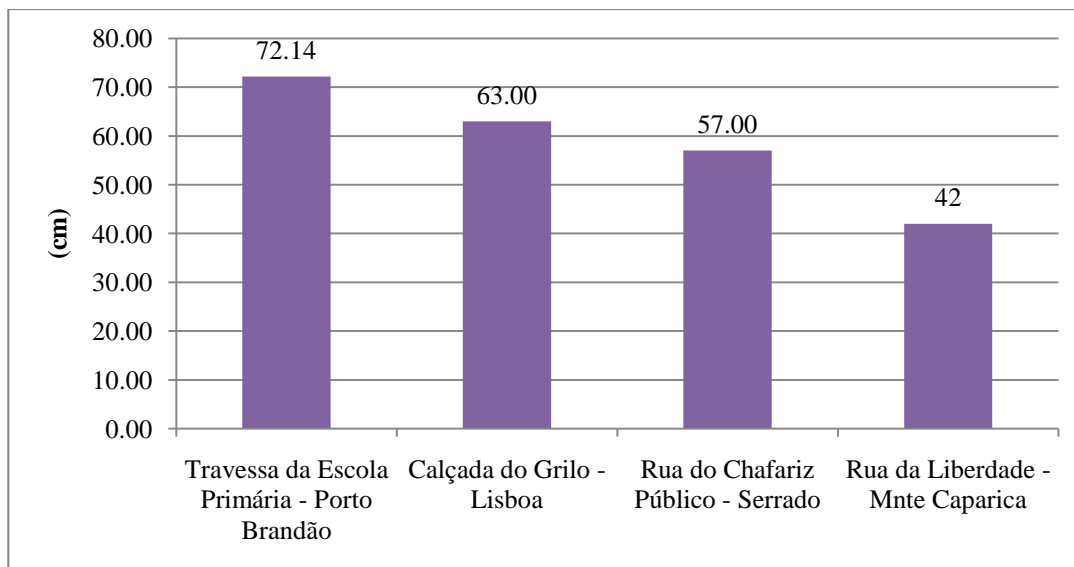


Gráfico 4.7 - Espessura média das secções transversais analisadas

As estruturas analisadas permitiram tirar algumas ilações, no entanto, salienta-se o facto de a amostra ser reduzida. Através dos resultados obtidos é possível contribuir com alguns dados sobre as técnicas tradicionais portuguesas, no sentido de melhorar a qualidade da preservação do património edificado.

As paredes são de um só pano, em alvenaria de pedra corrente (típico modo construtivo da zona de Lisboa), constituída essencialmente por pedra calcária e argamassa de cal e areia. No entanto em uma secção detectou-se elementos cerâmicos, que ocupavam 5,3% da secção, em relação ao total analisado (Quadro 4.3 e Figura 4.26).

Foi examinado um total de 33247,7 cm<sup>2</sup> de parede. A espessura das paredes varia entre os 42 e os 72 cm (Gráfico 4.7), com um dos vazios a atingir a dimensão máxima de 838 cm<sup>2</sup> e uma das pedras 1630,98 cm<sup>2</sup>. A percentagem de vazios varia entre os 2,7% e 12,4% (Quadro 4.3 e

Gráfico 4.6) e a argamassa entre 12,4% e 34,8% (Quadro 4.3 e

Gráfico 4.6), em relação à área correspondente analisada. Do estudo observa-se que a uma maior percentagem de argamassa na secção, está associada uma menor de vazios.



## 4.6 Revestimento e Acabamento de Paredes

Os revestimentos mais comuns são constituídos essencialmente por argamassas fracas com areia e cal aérea ou, em certas regiões, com areia e barro (Figura 4.27).

Os rebocos das alvenarias podiam apresentar espessuras consideráveis, cerca de 5 cm ou mais, consoante a irregularidade da alvenaria. Nas paredes de tabique, em alternativa ao reboco tradicional, utilizava-se um forro de madeira que posteriormente era pintado.

O acabamento das paredes antigas era à base da caiação, branco ou com cor (conferida pelos pigmentos e corantes naturais). Em paramentos exteriores de paredes é relevante o uso de azulejos, que apresentam excelente desempenho mecânico e durabilidades às acções climáticas, até aos dias de hoje.

Quando existia necessidade de rebocar a alvenaria em pedra, estendiam-se cordéis limitando a espessura da parede, deixando os paramentos com um ou dois centímetros recolhido em relação ao cordel e aplicava-se a argamassa no paramento até perfazer a espessura definida.



Figura 4.27 – Reboco de barro e areia em parede interior com acabamento em caiação (Póvoa)

## 4.7 Aberturas

As aberturas são zonas de grande concentração de esforços e é o local em que num caso de sismo se observam maiores danos.

A abertura de vãos que dão origem a portas e janelas, ter-se-á que ter em consideração a rigidez e travamento do conjunto prevendo a concentração de cargas transmitidas pelos lintéis ou arcos, não esquecer que os guarnecimentos são rigidamente fixados, mas não participam na resistência da parede, logo não devem estar sujeitos a qualquer carga [8]. A estas aberturas correspondia o contorno por elementos verticais e horizontais, em madeira (raramente em alvenaria de pedra aparelhada e corrente) ou cantaria de pedra (Figura 4.28 e Figura 4.29).

Uma das formas mais simples de reforço de pequenas aberturas em paredes exteriores, ou em paredes interiores, em que a capacidade resistente não tem maior importância (e que nem sempre era a mais adequada), consistia em criar um elemento horizontal (lintel, verga ou padieira) que atravessa a abertura, apoiando-se pelas suas extremidades na parede, junto do contorno da abertura (Figura 4.28, Figura 4.29 e Figura 4.30). Na construção rural é corrente o recurso a vergas de madeira (Figura 4.28), justapostas lateralmente em função da espessura da parede ou ser de pedra de boa qualidade, fazendo-se a descarga destes elementos na parede [1] (Figura 4.30). Em edifícios de melhor qualidade era tido em conta, as zonas verticais das aberturas, muito frágeis, onde se colocava pedras de cantaria (Figura 4.29) ou fiadas de tijolo como reforço.

As soluções acima descritas são funcionais, mas com fragilidades ao nível do próprio material. O facto de se encontrarem expostas ao exterior pode levar a danos e colapso dos elementos. Para evitar a utilização destes elementos sobre os vãos abertos, começou a aplicar-se os arcos de descarga.

Na alvenaria de pedra seca utiliza-se muitas vezes as vergas, estas deveriam ser aliviadas com arco de alvenaria, o que não era comum acontecer. No caso das paredes de xisto utilizava-se as lajetas de xisto para vencer o vão, mas este ficava condicionado a não ser superior a cerca de 80 ou 90cm, em que nesses casos se recorria a outros materiais. Quando se utilizava um sistema de descarga triangular, este podia ser em madeira ou pedra, constituído por três elementos, dando origem a uma forma triangular isósceles ou equilátera (Figura 2.4). Outra tipologia utilizada em alvenaria de pedra argamassada, é a do arco na sua forma simples (semi-circular), executado em pedra ou tijolo (Figura 2.6), com as peças justapostas e argamassadas ou não.

Nas zonas urbanas ou em edifícios de melhor qualidade, as aberturas ou vãos de porta ou janela eram normalmente limitados por quatro peças de cantaria de pedra (duas ombreiras, uma verga e uma soleira ou peitoril nas janelas de peito), quando as aberturas eram na zona de

alvenaria (Figura 4.28). Na zona de tabiques, toda a guarnição era em madeira. Nas zonas rurais ou em edifícios de pior qualidade poderiam chegar a ter apenas a verga em madeira, apoiada nas paredes.



Figura 4.28 – Verga e caixilharia de madeira em alvenaria de pedra seca (Piódão)



Figura 4.29 Reforço horizontal e vertical de abertura em pedra (Póvoa)



Figura 4.30 – Reforço horizontal de abertura em pedra (Forte de S. Sebastião da Caparica)

## 4.8 Pavimentos

A madeira é o principal material de execução dos elementos estruturais, não estruturais e pavimentos. Os pavimentos eram executados, nos edifícios com um ou mais pisos, de forma simples, que consistia na concepção de um sistema de viga, paralelas e colocadas a distâncias variáveis, entre 0,20m e 0,40m [1], apoiadas em paredes resistentes de

alvenaria e que suportavam o pavimento de soalho de madeira. O apoio em paredes de alvenaria de pedra pode fazer-se tal como já descrito em 4.3.2, ou seja, encastrado até meia espessura (Figura 4.18) ou apoiado em cachorros de cantaria (Figura 4.19). No entanto, no primeiro caso a ligação viga-parede poderia ser feito por meio de um frechal já existente (Figura 4.31), directamente apoiadas (Figura 4.32) na parede ou em ancoragem (Figura 4.33).

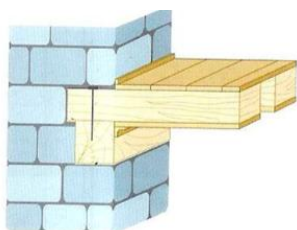


Figura 4.31 - Apoio pavimento-viga através de frechal existente na parede [1]

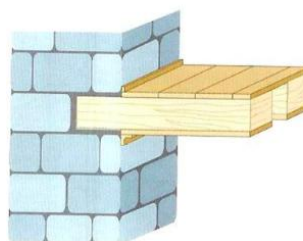


Figura 4.32 - Apoio de viga de madeira em alvenaria de pedra [1]

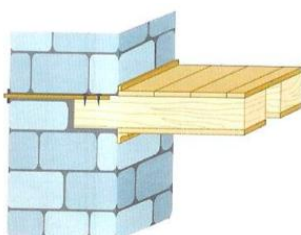


Figura 4.33 - Ancoragem de viga de madeira em alvenaria de pedra [1]

A geometria de um sistema de descarga em arcos e abóbadas, permite alguma de variedade de utilizações, quer por razões de ordem estética, mas principalmente técnica. Quanto mais abatido for o arco, maiores os seus impulsos horizontais. Como solução construtiva para suporte de pavimentos, ajudavam a minimizar o contacto da madeira com as zonas húmidas (principalmente nas caves), para vencer grandes vãos em que o recurso às vigas de madeira era limitado e evitava a propagação de incêndios de um piso para o outro (tendo em conta que no piso térreo funcionavam oficinas). Quando existiam pavimentos elevados, a madeira continuava a ser o material estrutural prioritário utilizar nos pavimentos, embora por vezes, em edifícios nobres, de carácter religioso ou militar, possa ser constituída por arcos e abóbadas de alvenaria, tal como as soluções adoptadas nos tectos das caves. Neste

ultimo caso, uso de arcos e abóbadas, recorre-se a dois tipos de soluções estruturais para a colocação de revestimentos. Uma primeira consiste na criação de uma estrutura de madeira, apoiada nos elementos de alvenaria e com base num sistema de vigamento para suporte do soalho. Apresenta como principal vantagem a leveza. Outra solução consiste no enchimento do arco, com material seleccionado, areia argilosa, terra ou pedra solta, colocando-se sobre isso uma camada de argamassa que serve de base para o assentamento do soalho, lajedo de pedra ou ladrilho cerâmico. Embora seja uma solução mais pesada que a anterior, o enchimento leva a um aumento das forças de compressão, estabilizando melhor o arco ou abóbada [1].

Os pavimentos térreos eram, regra geral, constituídos por lajes de pedra, dependendo o tipo de pedra da zona do país em que se encontra o edifício implantado. Por exemplo, na zona de Lisboa, como abunda a pedra calcária, é frequente encontrarem-se lajes de grandes dimensões neste material, principalmente em edifícios que estão sujeitos a um maior desgaste, como armazéns e lojas. Para além do interior dos edifícios, era comum em entradas e pátios a calçada [44].

Relativamente ao revestimento dos pisos, de um modo geral, são compostos por madeira, com excepção dos pavimentos térreos e sobre estrutura de abóbada. Neste último é corrente o recurso a lajedos de pedra, tijoleiras ou ladrilhos cerâmicos. O revestimento habitualmente usado nos pisos elevados é de madeira, constituído por tábuas com espessuras entre cerca de 20 a 30 mm [1], colocadas lado a lado, com sobreposições (meia madeira), encaixe (macho-fêmea) e/ou pregadas ao vigamento do pavimento. Quando o revestimento é à base de pedra ou elementos cerâmicos, o seu assentamento é feito com argamassa de cal e areia, semelhante ao reboco utilizado para as paredes de alvenaria. Os vigamentos, de madeira, eram normalmente encastrados nas paredes de alvenaria, usualmente nas de fachada (Figura 4.13), ou assente sobre os frechais (Figura 4.17, Figura 4.18 e Figura 4.19) e apoiados a meio do vão nos tabiques resistentes paralelos à fachada. No caso das paredes de fachada serem de tabique, o pavimento formava um conjunto homogéneo com estas [44].

Nos edifícios de alvenaria seca, observados no norte de Portugal, os pisos elevados, são num sistema simples de vigas de madeira colocadas paralelamente, onde assenta o soalho de madeira, normalmente por sistema de encaixe, ou simplesmente colocadas as tábuas lado a lado pregadas ao vigamento. Na zona de aberturas, onde encaixam as vigas, coloca-se um lintel em pedra, como reforço, no caso de a abertura ser de tamanho considerável.

Em alvenarias de pedra aparelhada, são colocados negativos nos blocos, para que quando a parede estivesse erguida se introduzissem as vigas e estas se fixem com recurso a escassilhos ou, em alternativa, quando as paredes diminuem de espessura em altura, essa diferença serve para assentar as vigas. Em zonas de construção com este tipo de alvenaria, nomeadamente o Minho, é comum a utilização de varandas construídas em grandes lajes de pedra, assentes numa arcada inferior.

## **4.9 Coberturas**

As coberturas em edifícios antigos podem variar quanto aos materiais constituintes, geometria e forma estrutural. Quanto maior e mais importante for o edifício, mais complexa se torna a cobertura. Em edifícios de planta simples, rectangulares, as coberturas podem ter de uma a quatro águas, dependendo das dimensões do edifício e se insere ou não numa malha urbana. No entanto, em edifícios de carácter religioso, pode apresentar coberturas mistas, inclinadas com base estrutural em arcos e abóbadas de alvenaria.

Nos edifícios pré-pombalinos predominavam as coberturas inclinadas, de uma ou duas águas, em zonas rurais, e duas (fachadas de bico) ou três águas (quando encostada a uma parede mais alta no tardoz) em zonas urbanas. Também é possível encontrar-se alguns edifícios com quatro águas. Em menor número aparecem as coberturas em terraços e curvas (abóbadas e cúpulas). No caso de coberturas em terraço, o seu suporte era à base de arcos e abóbadas em pedra ou tijolo, devido à dificuldade em garantir a estanquidade (em que as madeiras seriam bastante afectadas), à semelhança do que acontece com os tectos das caves. É um tipo de cobertura comum em habitações do Algarve e em alguns locais pontuais do Alentejo, designando-se popularmente por açoteias. Neste tipo de cobertura é particularmente difícil garantir a estanquidade; para tal executam-se pendentes com inclinação razoável e vários enchimentos para revestimento.

As coberturas curvas são frequentes em edifícios religiosos ou em locais pontuais de uma dada construção. O grande problema destes dois últimos tipos de coberturas é mais uma vez a garantia de estanquidade, embora, nas coberturas curvas, a sua forma permita que o contacto com as águas das chuvas seja bastante reduzido. O sistema de descarga em arcos e abóbadas, a geometria, apresenta possibilidade de variação, por razões estéticas, embora se deva privilegiar a técnica. Quanto mais abatido o arco, maiores os seus impulsos horizontais

sobre a parede. Para minimizar os problemas que advêm dos impulsos dos arcos, utilizavam-se os gigantes, contrafortes ou arcobotantes

A cobertura inclinada é a técnica mais utilizado na generalidade do território nacional. Apresenta-se ao longo do país com diversas configurações, dependendo do local onde se encontra, das condições climáticas a que está sujeita (chuva ou neve) e da utilização a ser dada ao último piso. Nas construções mais pobres, normalmente rurais e de pequenas dimensões, a cobertura apresenta apenas uma única água, orientada segundo a menor dimensão do edifício. Quanto mais simples, mais económica e eficaz se torna a cobertura. A solução estrutural adoptada na maioria dos edifícios da época pré-pombalina é em madeira, com base na asna e em uma estrutura secundária com ou sem frechal. Podem apresentar constituições e configurações variadas, consoante aproveitamento ou não do sótão e pendentes. A asna consiste em formar um triângulo de elementos simplesmente ligados entre si. São o tipo de estrutura mais comum e de fácil adaptabilidade às diversas geometrias das coberturas (Figura 4.34, Figura 4.35 e Figura 4.38). São constituídas por: um elemento horizontal (a linha); por duas pernas inclinadas para a formação da vertente do telhado; um elemento vertical apertado no vértice do telhado pelas pernas (o pendural); e por duas escoras inclinadas que ligam as pernas ao pendural. O espaçamento normal entre as asnas, de eixo a eixo, é da ordem de 3 a 4 m [9]. Com os séculos, sofreram várias transformações, passando progressivamente da solução mais simples (Figura 4.34 e Figura 4.38), a triangulação, para sistemas cada vez mais complexos, quer no número de elementos constituintes quer nos sistemas de ligação entre eles (Figura 4.35). A solução mais elementar de asna (Figura 4.34) apresenta um comportamento estrutural equivalente a um arco de 3 rótulas: o esforço actua sobre as pernas, que trabalham à compressão, e a linha absorve a componente horizontal. A componente vertical é compensada pela reacção vertical no apoio. Quando existe um pendural (elemento vertical) se não estiver apoiado sobre a linha, serve apenas para facilitar a união entre as pernas. Outros casos são o de estar ligado à linha por meio de elementos metálicos, ou directamente apoiado sobre esta (Figura 4.34 e Figura 4.35). Neste último caso, a linha passa a estar carregada a meio-vão, estando sujeita a tracção, flexão e esforço de corte nesta zona. A complexificação das asnas surge de forma natural e aparecem as asnas com a adição de duas escoras apoiadas na base do pendural (Figura 4.35), desta forma contribuem para melhorar o comportamento à flexão, uma vez que trabalham à compressão, permitindo solicitações de valor superior por parte da cobertura. As escoras formam normalmente um ângulo de 30° com a linha e cerca de 60° entre o pendural. Neste último caso o vão está limitado a 8 m [9].

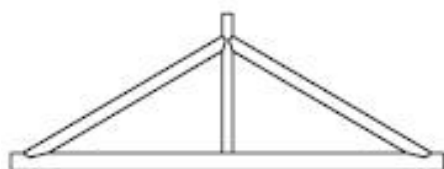


Figura 4.34 - Asna Simples [9]

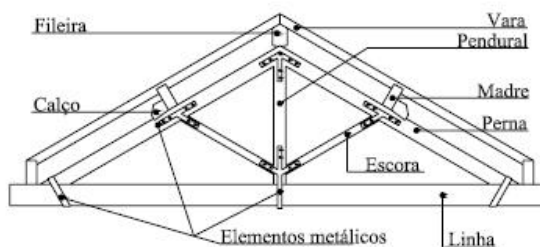


Figura 4.35 - Asna simples com escoras [1]

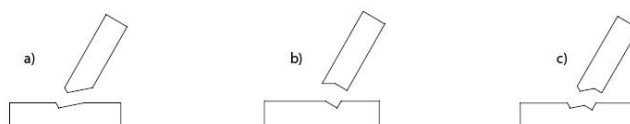


Figura 4.36 - Ligações tradicionais entre perna e linha: a) Dente simples anterior; b) Dente simples posterior; c) Dente duplo [9]

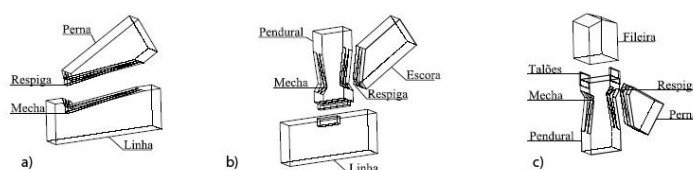


Figura 4.37 - Ligações tradicionais usando respiga e mecha: a) Encaixe entre perna e linha; b) Encaixe entre pendural, escora e linha; c) Encaixe de fileira com pendural e escora [9]

A estrutura da cobertura, simples ou não, necessita que os vários elementos que a constituem se interliguem. A forma mais antiga é através das ligações tradicionais, onde a transmissão de esforços é feita por atrito e compressão na interface entre os elementos a unir (Figura 4.36 e Figura 4.37).



Sobre as asnas repousam as madres, a fileira e a estrutura secundária de suporte à cobertura (Figura 4.35). Esta última permite a transmissão das cargas actuantes às asnas, sendo constituída pelo ripado e contraripado. Sobre estes assenta o revestimento da cobertura [1], normalmente em telha cerâmica.



Figura 4.38 - Estrutura com base em asnas simples para suporte de cobertura de quatro águas - Torre menagem do Castelo de Guimarães



Figura 4.39 - Cobertura em abóbada à vista da Sé de Viseu

Em edifícios com vários pisos, os tectos de madeira dos pisos intermédios podem ser constituídos por forros. Quando existe forro de madeira, este pode ser de dois tipos, em “camisa e saia” ( Figura 4.40) ou justaposto, colocado geralmente sob o ripado. O primeiro consiste na colocação de pranchas de madeira em fiadas sobrepostas; no segundo caso, trata-se de um sistema de encaixe em meia madeira ou macho-fêmea.

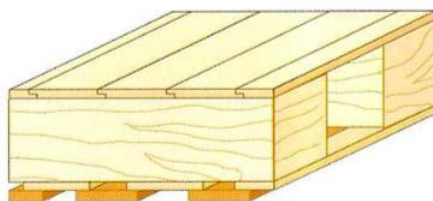


Figura 4.40 - Camisa e saia [1]

No caso de os tectos serem com base num sistema de descargas de arcos e abóbadas de alvenaria, o material fica à vista (Figura 4.39) ou, em alternativa, reboca-se com argamassa de cal e areia (Figura 2.23), constituindo o revestimento final que levará a pintura à base de cal e/ou decoração (no caso de edifícios religiosos ou nobres).

Nas coberturas tradicionais utiliza-se, normalmente, a telha cerâmica de canal ou a romana, onde, com as mesmas peças, se encaixam as capas e o canal. Outra variante é o telhado “mouriscado”, com o mesmo tipo de telha, mas em que os canais são preenchidos com argamassa. Não é o único tipo de revestimento utilizado nas coberturas, pode encontrar-se também, soletos cerâmicos e de ardósia, entre outros (Figura 4.41 e Figura 4.42).



Figura 4.41 – Revestimento da cobertura com telha cerâmica de canal

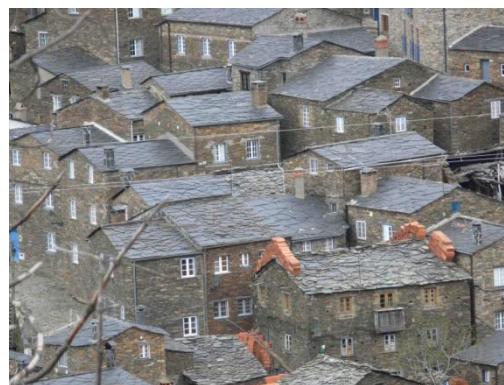


Figura 4.42 – Revestimento da cobertura de xistos

## **5 Conclusões e Desenvolvimentos Futuros**

### **5.1 Principais conclusões**

Com o presente trabalho, relativo às técnicas e tecnologias utilizadas em épocas anteriores ao terramoto de 1755, realça-se a sua utilização até há sessenta anos, sendo necessário preservar todo o património edificado no espaço e no tempo. As técnicas e tecnologias de construção em terra foram essencialmente utilizadas em meios rurais, onde predominavam as dificuldades económicas e escassez de materiais de maior resistência, como a pedra. No entanto, ao longo de toda a dissertação, verificou-se que a construção em terra não é apenas exclusiva de meios rurais, encontrando-se também presente na construção de edifícios localizados em malhas urbanas, como Aveiro, Santarém e Lisboa. Esta dissertação analisa e caracteriza as técnicas e tecnologias de construção em pedra, geralmente descritas como sendo características de malhas urbanas onde predominavam maiores recursos naturais e capacidade financeira para edificar com maior qualidade.

Com as visitas efectuadas na região norte de Portugal continental, observou-se que a construção de pedra predominava de semelhante forma quer em zonas serranas, locais em que esta era abundante e a cal escassa. Em suma, a construção dependia essencialmente do material disponível no local de construção e nas suas imediações, excepto em situações que a capacidade financeira era maior, sendo tido como um luxo ou extravagância.

De forma a validar as descrições feitas das técnicas e tecnologias construtivas visitou-se e inspeccionou-se visualmente edifícios rurais (ao longo de toda a dissertação), tendo sido necessário a criação de algumas fichas de edifícios.

Ao longo do terceiro capítulo, foi possível concluir que os edifícios construídos em terra apresentam predominantemente piso térreo, forma rectangular e em situação de ampliação da habitação esta era realizada na direcção horizontal. Alguns factores poderiam condicionar a qualidade da construção, tais como: a qualidade do solo e a existência ou não de fundações em alvenaria de pedra e de contrafortes.

Contudo, no quarto capítulo, as habitações apresentam um desenvolvimento em ambas as direcções, isto é, horizontal e vertical, uma vez que a resistência mecânica dos edifícios de pedra é bastante maior .

Durante a dissertação, foram realizados alguns ensaios “in situ”, com a finalidade de contribuir para o aumento da informação técnica disponível sobre este tipo de edifícios antigos com técnicas seculares. Os resultados adquiridos, diferenciam-se dos laboratoriais uma vez que são obtidos em condições naturais e com as estruturas em serviço.

Nos edifícios de terra, onde se realizaram os ensaios, foram recolhidos dados sobre as características mecânicas, nomeadamente: módulo de elasticidade e tensão de rotura à compressão.

Ao longo do estudo em edifícios construídos em terra, sentiram-se algumas dificuldades, nomeadamente na utilização (adaptação) ao equipamento, uma vez que requer alguma prática e conhecimento aprofundado da técnica, exigindo rigor por parte dos utilizadores na escolha do momento e local adequado. Observou-se que as paredes das habitações apresentavam fraca coesão das juntas, onde as mesmas apresentavam algumas pedras de pequenas dimensões. Esta última condicionante, exigiu um tempo adicional para preparação das paredes seleccionadas para ensaio, para além daquele previsto inicialmente. Embora se tenha optado no final do primeiro ensaio, por se realizar rasgos ao longo dos blocos de adobe ou taipa, no sentido de evitar pedras de reduzidas dimensões, que poderiam invalidar os ensaios. Desta forma, conseguiu-se diminuir substancialmente o número de pedras encontradas. Os valores de tensão à rotura e à compressão encontram-se dentro dos valores esperados, quando comparados com valores ensaiados em laboratório, apesar dos módulos de elasticidade se apresentarem ligeiramente acima.

As dificuldades sentidas, funcionaram como fonte de motivação adicional, permitindo uma maior aprendizagem e aperfeiçoamento da técnica e manuseamento do equipamento.

Apesar de todos os programas governamentais para a reabilitação e requalificação dos centros históricos, durante o estudo dos edifícios pré-pombalinos na zona de Lisboa, verificou-se o estado pouco cuidado destes assim como das suas estruturas. A generalidade dos edifícios supre referidos, são constituídos por alvenaria de pedra corrente. Desta forma, decidiu-se analisar as secções transversais de alvenaria de pedra corrente, contribuindo, uma vez mais, para o aumento da informação técnica disponível.

Verificou-se que 75% das secções analisadas apresentam vazios na ordem dos 2% do total da secção transversal analisada, o que indica que embora reduzida, com o auxílio dos agentes climatéricos e reduzida conservação, a percentagem de vazios tende a aumentar assim como os riscos estruturais associados. Como tal, o parque habitacional de Lisboa e principalmente o pré-pombalino, deve ser identificado, estudado e reforçado.

## **5.2 Desenvolvimentos Futuros**

O conhecimento das características dos edifícios antigos é fundamental para a sua conservação. Por isso, julga-se de interesse científico efectuar uma recolha mais alargada de informação relativamente às técnicas e tecnologias existentes.

Para as construções em alvenaria de pedra, realizou-se uma caracterização de secções de alvenaria, analisando-se as áreas de vazios, de pedras e argamassas. Através desta análise é possível concluir se a estrutura que integra a secção analisada necessita de reforço. Como tal, um estudo contínuo, com este tipo de metodologia poderá contribuir para a criação de uma base de dados importante para a análise do estado e conservação dos edifícios. Desta forma, será possível identificar a técnica utilizada em cada local e facilitar futuras intervenções, prevenindo que essas se executem de forma desadequada e evitando problemas estruturais.

No sentido de caracterizar as alvenarias de pedra, foi realizado um levantamento de alguns dos edifícios pré-pombalinos existentes em Lisboa, contribuindo para identificar os edifícios históricos da cidade. É importante conhecer e caracteriza-los, prevenindo alterações que os descaracterizem. Estes edifícios são os últimos testemunhos da história pré-terramoto e, desta forma, fazem parte tanto do património edificado como do cultural. Poder-se-á dizer que a sua importância está para a cidade de Lisboa como um fresco numa igreja está para o património nacional.

Dando continuidade aos trabalhos realizados durante esta dissertação, poder-se-á desenvolver análises e estudos estatísticos possíveis de suportar opções políticas ao nível do planeamento da reabilitação e intervenção no património.

Na sequência deste trabalho, regista-se como desenvolvimentos futuros: um maior número de ensaios com macacos planos em edifícios de alvenaria de terra, tendo em linha de

conta que esta técnica está por explorar em aplicação a esses edifícios; levantamento de um maior número de edifícios de terra; levantamento de um maior número de edifícios pré-pombalinos em Lisboa; estudo de um maior número de secções de alvenaria.

## Bibliografia

- [1]. Appleton, João. Reabilitação de Edifícios Antigos : Patologias e tecnologias de intervenção. Amadora: Edições Orion, 2003.
- [2]. Araújo, Geraldo. "Terra sobre engradado em Portugal." em Arquitectura de Terra em Portugal, by Associação Centro da Terra, 57-61. Lisboa: Argumentum, 2005.
- [3]. Baptista, Filipa M. V. P. M. "Qualificação Ambiental e Conservação do Património." A perspectiva do Centro Histórico do Porto. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, Fevereiro 1998.
- [4]. Bento, Heraldo. Um olhar sobre Coruche. Coruche: Câmara Municipal de Coruche, 2003.
- [5]. Binda, Luigia., and A. Saisi. "State of the Art of Research on Historic Structures in Italy." ARIADNE - Advanced Research Workshop. Advanced Research Centre for Cultural Heritage Interdisciplinary Projects, 2002.
- [6]. Binda, Luigia., and D. Penazzi. Classification of masonry cross sections and of typologies of historic buildings. Commissione RILEM MMM, 2000.
- [7]. Binda, Luigia, and Claudia Tiraboschi. "Flat-Jack Test: A slightly destructive technique for the diagnosis of brick and stone masonry structure." Journal for Restoration of Buildings and Monuments, 1999: 449-472.
- [8]. Branco, José. Paz. Manual do Pedreiro. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1981.
- [9]. Branco, Jorge, Ana Santos, and Paulo Cruz. "Asnas Tradicionais de Madeira: Evolução, Comportamento e Reforço com Materiais Compósitos." Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, 2007.
- [10]. Bruno, Patrícia. "Taipa Militar - Fortificações do período de domínio muçulmano." "Arquitectura de Terra em Portugal, pela Associação Centro da Terra, 39-44. Lisboa: Argumentum, 2005.
- [11]. C1196, ASTM. Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements. United States of America Patent C 1196-04. January 1, 2004.
- [12]. C1197, ASTM. Standard Test Method for In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method. United States of America Patent C 1197. January 1, 2004.
- [13]. Cabrita, A.M. Reis, and S. Carlos Oliveira. 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação. Lisbo: LNEC, 1985.

- [14]. Canastreiro, Manoel dos Santos. *Exposição Pombalina*. Lisboa: Editorial Império, 1939.
- [15]. Carvalho, Bárbara Rangel. *A matéria como instrumento da concepção arquitectónica - As alvenarias resistentes nas técnicas tradicionais portuguesas*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção de Edifícios, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.
- [16]. Chagas, José Trindade. *O Castelo de Alcácer do Sal e a utilização da Taipa Militar durante o domínio Almóada*. Dissertação de Mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico, Universidade de Évora, Évora: Universidade de Évora, 1995.
- [17]. Correia, Mariana. "Fortificações Islâmicas em Taipa Militar." *Pedra&Cal*, no. 24 (Outubro-Novembro-Dezembro 2004): 16.
- [18]. Correia, Mariana, and Jacob Merten. "A Taipa Alentejana: Sistemas Tradicionais de Protecção." Vila Nova de Cerveira: Centro de Investigação de Construção Rural e Ambiente, 2001.
- [19]. Correia, Mariana, Maria Fernandes, Miguel Rocha, e et al. *Terra: Forma de Construir*. Porto: Argumentum e Escola Superior Gallaecia, 2006.
- [20]. Coruche, Câmara Municipal de. *Câmara Municipal de Coruche*. 2005. <http://www.cm-coruche.pt> (acedido Setembro 22, 2009).
- [21]. Cravinho, Ana. "Construção Tradicional Algarvia." *Pedra&Cal*, Outubro-Novembro-Dezembro 2004: 12-13.
- [22]. Cunha, J.G.M.C, and F.P Santos. *Inquérito Agrícola e Florestal do concelho de Coruche*. Coruche: Plano de Fomento Agrário, 1953.
- [23]. Fernandes, José Manuel. *Arquitectura Portuguesa - Uma Síntese*. Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2000.
- [24]. Fonseca, Inês. *A Arquitectura de Terra em Avis*. Lisboa: Argumentum, 2007.
- [25]. Girão, A. de Amorim. *Geografia de Portugal*. Porto: Portucalense Editora, 1941.
- [26]. Glancey, Jonathan. *História da Arquitectura*. Tradução de Ana Maria Pinto da Silva. Londres: Dorling Kindersley, 2001.
- [27]. Gomes, Idália. *Conservação de paredes de taipa. Argamassas de reparação*. Trabalho no âmbito da dissertação de doutoramento (não publicados)
- [28]. Henriques, Fernando M.A. "Algumas Reflexões sobre a Conservação do Património Histórico Edificado em Portugal." 2º ENCORE, 1994.
- [29]. Henriques, Fernando M.A. *A Conservação do Património Histórico Edificado*. Lisboa: LNEC, 1991.
- [30]. Henriques, Fernando M.A. *Humidade em Paredes*. Lisboa: LNEC, 2007.
- [31]. Houben, Hugo, and Hubert Guillaud. *Earth Construction*. CRATerre, 1994.
- [32]. ICOMOS. *Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico*. Tradução de Paulo Lourenço e Daniel Oliveira. International Council on Monuments and Sites, 2004.



- [33]. Janeiro, Carlos. O que nos dizem as casas. Coruche: Câmara Municipal de Coruche, 2006.
- [34]. Jokilehto, Jukka. "Conservation Principles and Their Theoretical Background." *Durability of Building Materials* 5 (1988): 267-277.
- [35]. Jorge, Virgolino Ferreira. "Património e Identidade Nacional ." *Revista Engenharia Civil* (Centro de Engenharia Civil da Universidade do Minho), Setembro 2000.
- [36]. Koch, Wilfried. *Dicionário dos Estilos Arquitetónicos*. Tradução de Martins Fontes. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora, 1994.
- [37]. Lino, Raúl. *Casas Portuguesas*. Lisboa: Cotovia, 1992.
- [38]. Lourenço, Paulo, and Pawel Gregorczyk. "A Review on Flat-Jack Testing." *Departamento de Engenharia Civil (Universidade do Minho)* 9 (2000): 35-50.
- [39]. Macaulay, David. *A Cathedral - História da sua Construção*. Tradução de Cardigos dos Reis. Boston: Dom Quixote, 1979.
- [40]. Macaulay, David. *A Cidade - Planificação e Construção de uma Cidade Romana*. 2ª Edição. Tradução de Cardigos dos Reis. Boston: Dom Quixote, 1978.
- [41]. Magalhães, Natércia. *O Legado Arquitectónico Islâmico no Algarve*. Faro: Instituto Português do Património Arquitectónico, 2002.
- [42]. Mascarenhas, Jorge. *Sistemas de Construção*. Vol. III. Lisboa: Livros Horizonte, 2004.
- [43]. Morais, António. "A Importância da Espessura e das Massas Volúmicas no Sistema Gótico." *Arti Textos*, Junho 2007.
- [44]. NESDE. "Edifícios com estrutura de alvenaria (<1755)." Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Abril 22, 2005.[http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif\\_ant\\_1755.html](http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_ant_1755.html) (acedido em Abril 28, 2009).
- [45]. Neto, Célia Andreia Borges dos Santos. *Estratégia para caracterização do edificado em adobe em Aveiro*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2008.
- [46]. "Oz-Diagnostico." <http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20011.pdf> (acedido Maio 26, 2009).
- [47]. Papayianni, Ioanna. "Criteria and Methodology for Manufacturing Compatible Repair Mortars and Bricks." In *Pact 56 - Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage*, by Biscontin, Moropoulou, Erdik and Delgado Rodrigues, 179-190. Athens: Technical Chamber of Greece, 1998.
- [48]. Pena, António. *Um Roteiro Natural do Concelho - Coruche*. Coruche: Câmara Municipal de Coruche, 2002.
- [49]. Pereira, Henrique Clemente. *Caracterização do Comportamento Estrutural de Construções em Adobe*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil,

Universidade de Aveiro, Aveiro: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2008.

[50]. Pinheiro, Nuno Santos. O Islamismo e o Arco Ultrapassado Na Península Ibérica. Lisboa: Hugin Editores, 1997.

[51]. Pinho, Fernando F.S. Paredes de Edifícios Antigos em Portugal. 2ª Edição. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008.

[52]. Pinho, Fernando F.S. "Soluções Construtivas de Paredes de Edifícios Antigos em Portugal." REPAR 2000 - Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas. Lisboa: LNEC, 2000.

[53]. Pinto, Fernando Rocha. "Arquitectura Tradicional de Terra no Alentejo. "Arquitecturas de Terra, por Jean Dethier e Hugo Houben, 35-38. Conimbriga: Museu Monográfico de Conimbriga - Alliance Française de Coimbra - Comissão de Coordenação da Região Centro, 1992.

[54]. Ramos, Luis Pedro. As Igrejas de Alvalade na Visitação de D. Jorge, Mestre de Santiago, no ano de 1510. 2006. <http://www.alvalade.info/djorge.html> (acedido Outubro 29, 2009).

[55]. Reis, A. Correia dos, M. Brazão Farinha, e J.P. Brazão Farinha. Tabelas Técnicas. Lisboa: Edições Técnicas, 2006.

[56]. Ribeiro, Alejandro França Gomes, e Maria Isabel Eusébio. "Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos." In Tintas Inorgânicas: Tintas de Cal e de Silicatos, por Rosário Veiga e José Aguiar, 117-137. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2002.

[57]. Ribeiro, Orlando. Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico. Coleção Nova Universidade, 1991.

[58]. Rocha, Miguel. "Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva." In Arquitectura de Terra em Portugal, pela Associação Centro da Terra, 22-26. Lisboa: Argumentum, 2005.

[59]. Rodrigues, Maria Paulina. Argamassas de Revestimento para alvenarias antigas. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil na especialidade de Reabilitação do Património Edificado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Almada: UNL, 2004.

[60]. Rodrigues, Maria Paulina. "Construções em Terra Crua, Tecnologias, potencialidades e patologias." MUSA (Museu de Arqueologia e Etnografia do Distrito de Setúbal), 2007: 149-155.

[61]. Rodrigues, Maria Paulina. "Paredes de Terra Crua - Condicionantes associadas aos seus revestimentos." Pedra&Cal, Outubro-Novembro-Dezembro 2004: 14-15.

[62]. Roque, João Almendra, e Paulo B. Lourenço. "Caracterização Mecânica de Paredes Antigas de Alvenaria." Engenharia Civil (Universidade do Minho), no. 17 (2003): 31-42.

[63]. Roque, João C. Almendra, e Paulo B. Lourenço. "Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria." In 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, by LNEC, 907-916. Lisboa: LNEC, 2003.

- [64]. Roque, João Carlos Almendra. Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Universidade do Minho, 2002.
- [65]. Tavares, António Freitas. "Construção em Terra na Região Centro." In *Arquitecturas de Terra*, por Jean Dethier e Hugo Houben, 29-33. Conimbriga, Coimbra: Museu Monográfico de Conimbriga - Alliance Française de Coimbra - Comissão de Coordenação da Região Centro, 1992.
- [66]. Tavira, Associação Campo Arqueológico de. Campo Arqueológico de Tavira. 2004. [www.arkeotavira.com](http://www.arkeotavira.com) (acedido Outubro 9, 2009).
- [67]. Teixeira, Gabriela de Barbosa, and Margarida da Cunha Belém. *Diálogos de Edificação: Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*. Porto: CRAT - Centro Regional de Artes Tradicionais, 1998.
- [68]. Varum, H., T. Martins, and A. Velosa. "Caracterização do adobe em construções existentes na região de Aveiro." IV SIACOT Seminário Ibero-Americano de Construção com terra e III Seminário Arquitectura de Terra em Portugal. Convento da Orada, Monsaraz: IV SIACOT Seminário Ibero-Americano de Construção com terra e III Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 2005.
- [69]. Varum, Humberto, Aníbal Costa, Henrique Pereira, João Almeida, e Hugo Rodrigues. "Caracterização do comportamento estrutural de paredes de alvenaria de adobe." *Associação Portuguesa de Análise de Tensões* 15 (2008): 23-32.
- [70]. Vasconcelos, José de Leite. *Etnografia Portuguesa*. Vol. III. Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1997.
- [71]. Vaz, Adérito. "Tavira Islâmica no Contexto Real da Civilização." In *Património Islâmico dos Centros Urbanos do Algarve: Contributos para o Futuro*, pela Acção-Piloto de Cooperação Portugal-Espanha-Marrocos. Faro: Comissão e Coordenação da Região do Algarve, 2001.
- [72]. Velosa, Ana Luísa. "Influência das Adições Pozolânicas em Argamassas de Cal para Conservação de Edifícios Antigos." In *Revestimento de Paredes em Edifícios Antigos*, por Rosário Veiga e José Aguiar, 103-115. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2002.
- [73]. Vitruvius. *Os Dez Livros de Arquitectura*. Tradução de Maria Helena Rua. Lisboa: Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção do Instituto Superior Técnico, 1998.
- [74]. "Weblog - Queuniversidade" <http://queuniversidade.weblog.com.pt/arquivo/001696> (acedido Junho 29, 2009).



## **ANEXO I**

### **Levantamento de alguns edifícios de alvenaria de adobe**

## Ficha de Edifício A1

Morada: Monte Cavaleiros - Courelas da Amoreirinha - Coruche

Coordenadas: 38°55'29.63"N - 8°35'11.91"W

Data: 29-03-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: Final séc. XIX

Abandono: Década de 80

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
			X

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	2 tipos de adobes; espessura da parede de 55 cm; blocos com dimensões 12x24x55 cm; juntas com espessura 2-4cm e sem elementos
Paredes Interiores	Tijolo maciço com 15 cm de espessura e com função estrutural
Aparelho	uma vez
Janelas	Uma janela com portada e caixilharia de madeira, na fachada tardoiz. Com dimensões de 73x90 cm
Portas	Uma porta sem postigo e caixilharia de madeira, na fachada principal. Com dimensões de 90x200 cm
Revestimentos	O revestimento exterior (2,5 cm) e interior (1,5 cm) é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Duas águas; telha marselha; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas com estrutura secundária; Beirado com 17 cm
Planta	Planta rectangular, localiza-se no extremo de uma banda com quatro divisões e uma área de implantação de 72,75 m <sup>2</sup> ; Pé direito de 2,00 m
Outros	Blocos mais claros (com mais areia) apresentam-se mais degradados que os escuros (constituídos por lamas); O edifício não apresenta fundações, é assente directamente no solo; Sem presença de escadas; Lareira com um reforço horizontal em madeira e estrutura de adobe, com dimensões de 90x120x180 cm



Figura I - 2 - Janela com portada em madeira em fachada tardoz do edifício A1



Figura I - 1 - Aglomerado habitacional do Monte de Cavaleiros



Figura I - 3 - Dois tipos de adobes que constituem a parede exterior do edifício A1

## Ficha de Edifício A2

Morada: Rua Principal – Azervadinha - Coruche

Coordenadas: 38°57'58.50"N - 8°28'49.66"W Data: 29-03-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: -----

Abandono: Década de 90

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
			X

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Parede exterior constituída por adobes e com espessura de 55 cm; blocos com dimensões 12x24x55 cm; juntas com espessura 4 cm e sem outros elementos.
Paredes Interiores	Taipa de rodízio com função estrutural.
Aparelho	uma vez
Janelas	
Portas	
Revestimentos	O revestimento exterior e interior é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	De duas águas, sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas e com estrutura secundária; Telha canudo
Planta	Planta rectangular, localiza-se no extremo de uma banda.
Outros	Edifício sem fundações, com as paredes assentes directamente no solo; Sem escadas





Figura I - 5 - Vista da parede interior do edifício A2



Figura I - 4 - Vista do aglomerado habitacional do edifício A2



Figura I - 6 - Parede exterior – Adobes - edifício A2

### Ficha de Edifício A3

Morada: Estrada do Poço Reto – Santarém

Coordenadas: 39°13'42.70"N - 8°41'45.60"W

Data: 05-04-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: Final séc. XIX

Abandono: Década de 90

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
		X	

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Parede exterior constituída por adobes com 45 cm de espessura; blocos com dimensões 16x18x45 cm; juntas com espessura entre os 2,0-2,5 cm e com pedras calcárias de pequenas dimensões. O ponto mais alto da empena atinge 3,35 m.
Paredes Interiores	Parede de tabique com 10 cm de espessura e sem função estrutural
Aparelho	uma vez
Janelas	Uma janela com portada de madeira, na fachada tardoz (65x100 cm) e outra realizada em obra posterior na empena (100x130 cm)
Portas	Uma porta com postigo para o exterior, na fachada principal e com dimensões 75x190 cm
Revestimentos	O revestimento exterior (2,0-3,0 cm) e interior (2,0 cm) é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Cobertura com duas águas e inclinação de 30°; Telha canudo; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas e a estrutura secundária assente sobre as madres; Beirado de 21 cm.
Planta	Planta rectangular, edifício isolado com duas divisões e uma área de implantação de 24,45 m <sup>2</sup> ; Pé direito de 2,30 m
Outros	Foi realizado um ensaio de macacos planos simples e dois de macacos planos duplo; Ferrolhos como elemento de ligação de duas paredes perpendiculares; Sem fundações, com as paredes assentes directamente no solo e sem escadas.



Figura I - 8 - Cunhal  
edifício A3



Figura I - 7 - Vista do edifício A3



Figura I - 9 - Parede exterior edifício A3

## Ficha de Edifício A4

Morada: Rua Joaquim Ribeiro – Valverde - Coruche

Coordenadas: 38°58'55.49"N - 8°30'47.76"W Data: 21-03-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: -----

Abandono: -----

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
			X

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Paredes de adobes
Paredes Interiores	
Aparelho	uma vez
Janelas	Uma janela com portada e caixilharia de madeira, na fachada tardoz
Portas	Porta com caixilharia de madeira
Revestimentos	O revestimento exterior e interior é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Duas águas; telha canudo; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas e com estrutura secundária
Planta	Planta rectangular, edifício isolado
Outros	Sem escadas



Figura I - 11 - Janela na fachada  
tardoz edifício A4



Figura I - 10 - Vista do edifício A4



Figura I - 12 - Pormenor dos adobes e beirado do  
edifício A4

## Ficha de Edifício A5

Morada: Salgueirinha - Coruche

Coordenadas: 38°53'16.60"N - 8°30'4.24"W Data: 19-03-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: -----

Abandono: -----

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
			X

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Paredes de adobes
Paredes Interiores	
Aparelho	uma vez
Janelas	
Portas	Uma Porta com caixilharia de madeira e postigo.
Revestimentos	O revestimento exterior e interior é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Duas águas; telha canudo; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas e com estrutura secundária
Planta	Planta rectangular, edifício no extremo de uma banda
Outros	Sem escadas





Figura I - 13 - Pormenor de um cunhal e dos adobes do edifício A5



Figura I - 14 - Vista do edifício A5



Figura I - 15 - Vista do edifício contíguo ao A5





## **ANEXO II**

### **Ensaio macacos planos em alvenaria de adobes**

## Caso de Estudo – Estrada do Poço Reto, Santarém

### Janela 1

Morada: Estrada do Poço Reto - Santarém

Coordenadas: 39°13'42.70"N - 8°41'45.60"W

Data: 30-12-2010

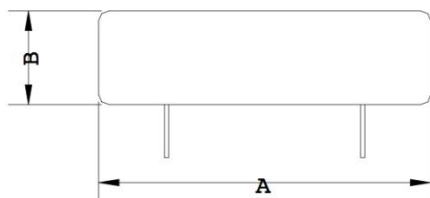
Tipo de construção: Habitação

Data de Construção: n.d

Tipologia das paredes: Alvenaria adobe colocados a uma vez

Equipamento:

Modelo Controls	Descrição
58-D0567/C2	2 Macacos planos rectangulares (400X200X4,5 mm) com válvula
58-D0567/C11	Placas de enchimento metálicas (3 de 400X200X1,5 mm e 4 de 400x200x1,0 mm)
58-D0568/A	Bomba hidráulica manual com manómetro
D0567/RS	2 Tubos flexíveis de resistência a alta pressão (600 bar)
58-C0231	Medidor de variações de distâncias digital (300 mm)
58-C0230/1	Discos mira (6)
58-C0230/2	Tubo de Supercola 50 ML



$K_m$	0,8
$K_a$	1
A (mm)	400
B (mm)	200
A/8 (mm)	50

Figura II - 1 - Esquema de macaco plano rectangular

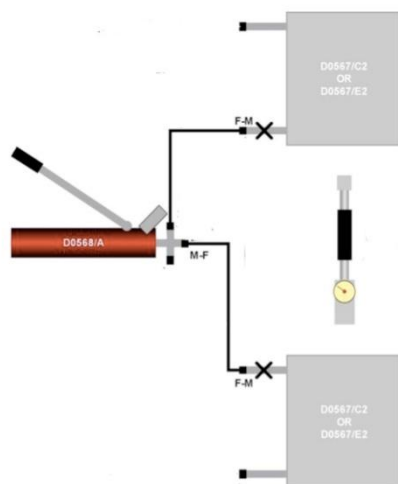


Figura II - 2 - Esquema de montagem do ensaio de macacos planos duplo

Fórmulas:

$\sigma = K_m K_a p$
$\varepsilon = l_i - l_f / l_f$
$E = \sigma / \varepsilon$

1 MPa = 10 Bar

$l_{fn}$  - distância entre miras

$\varepsilon$  - extensão

Quadro II- 1 - Dados resultantes do ensaio da janela 1

	Alinhamento 1	Alinhamento 2	Alinhamento 3	Horizontal
$\sigma$ (MPa)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	(*)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	(*)	n.m
0,16	0,007	0,009	(*)	n.m
0,32	0,029	0,039	(*)	n.m
0,48	0,038	0,050	(*)	n.m
0,64	0,047	0,065	(*)	n.m
0,72	0,061	0,094	(*)	n.m

(\*) - as miras descolaram-se da parede

n.m - distâncias não foram medidas

E (MPa)	7,082298851	5,277460317	(*)
---------	-------------	-------------	-----

## Janela 2

Estrada do Poço Reto - Santarém

Coordenadas: 39°13'42.70"N - 8°41'45.60"W

Data: 01-04-2010

Tipo de construção: Habitação

Data de Construção: n.d

Tipologia das paredes: Alvenaria de adobe colocados a uma vez

Equipamento:

Modelo Controls	Descrição
58-D0567/C2	2 Macacos planos rectangulares (400X200X4,5 mm) com válvula
58-D0567/C11	Placas de enchimento metálicas (4 de 400X200X1,5 mm e 4 de 400x200x1,0 mm)
58-D0568/A	Bomba hidráulica manual com manómetro
D0567/RS	2 Tubos flexíveis de resistência a alta pressão (600 bar)
58-C0231	Medidor de variações de distâncias digital (300 mm)
58-C0230/1	Discos mira (18)
58-C0230/2	Tubo de Supercola 50 ML

$K_m$	0,8
$K_a$	0,93
A (mm)	400
B (mm)	200
A/8 (mm)	50

Fórmulas:

$\sigma = K_m K_a p$
$\varepsilon = l_i - l_f / l_f$
$E = \sigma / \varepsilon$

1 MPa = 10 Bar

$l_n$  - distância entre miras

$\varepsilon$  - extensão

Quadro II- 2 - Resumo dos dados recolhidos na janela 2

	Alinhamento 1	Alinhamento 2	Alinhamento 3	Alinhamento 4	Alinhamento 5	Alinhamento 6	Horizontal
$\sigma$ (MPa)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,07	0,003	0,001	0,001	0,015	-0,056	0,002	0,037
0,15	0,009	0,020	0,013	0,030	0,026	0,000	0,007
0,22	0,028	0,024	0,003	0,001	0,025	0,005	0,006
0,30	0,032	0,056	0,015	0,019	-0,004	0,000	0,012
0,37	0,062	0,012	0,010	0,014	-0,001	0,006	0,007
0,45	0,054	0,082	0,029	0,021	0,029	0,003	0,046
0,52	0,137	0,092	0,033	0,053	-0,002	0,007	0,098
0,60	0,155	0,169	0,055	0,054	0,001	0,011	0,188
0,67	0,311	0,344	0,094	0,013	0,032	0,011	0,503
0,74	1,986	1,383	0,195	0,137	0,036	0,020	8,167
E (GPa)	12,66	4,03	6,37	5,13	0,91	37,10	2,48

Quadro II- 3 - Dados do alinhamento 1, resultante do ensaio da janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	0,302	0,285	0,279	0,289	0,000
1	0,10	0,074	0,301	0,273	0,289	0,288	0,003
2	0,20	0,149	0,289	0,284	0,282	0,285	0,009
3	0,30	0,223	0,275	0,273	0,284	0,277	0,028
4	0,40	0,298	0,279	0,265	0,262	0,269	0,032
5	0,50	0,372	0,245	0,256	0,258	0,253	0,062
6	0,60	0,447	0,237	0,24	0,243	0,240	0,054
7	0,70	0,521	0,208	0,21	0,215	0,211	0,137
8	0,80	0,595	0,171	0,192	0,185	0,183	0,155
9	0,90	0,670	0,136	0,131	0,151	0,139	0,311
10	1,00	0,744	0,037	0,044	0,059	0,047	1,986

Quadro II- 4 - Dados do alinhamento 2, resultantes do ensaio da janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	1,621	1,623	1,621	1,622	0,000
1	0,10	0,074	1,62	1,617	1,622	1,620	0,001
2	0,20	0,149	1,592	1,598	1,607	1,599	0,013
3	0,30	0,223	1,591	1,597	1,595	1,594	0,003
4	0,40	0,298	1,576	1,574	1,561	1,570	0,015
5	0,50	0,372	1,554	1,551	1,558	1,554	0,010
6	0,60	0,447	1,511	1,514	1,506	1,510	0,029
7	0,70	0,521	1,464	1,462	1,462	1,463	0,033
8	0,80	0,595	1,388	1,386	1,387	1,387	0,055
9	0,90	0,670	1,268	1,269	1,267	1,268	0,094
10	1,00	0,744	1,064	1,059	1,06	1,061	0,195

Quadro II- 5 - Dados do alinhamento 3, resultantes do ensaio da janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	0,631	0,624	0,628	0,628	0,000
1	0,10	0,074	0,625	0,631	0,625	0,627	0,001
2	0,20	0,149	0,618	0,61	0,617	0,615	0,020
3	0,30	0,223	0,592	0,602	0,607	0,600	0,024
4	0,40	0,298	0,585	0,559	0,561	0,568	0,056
5	0,50	0,372	0,557	0,566	0,561	0,561	0,012
6	0,60	0,447	0,512	0,52	0,525	0,519	0,082
7	0,70	0,521	0,478	0,474	0,474	0,475	0,092
8	0,80	0,595	0,415	0,405	0,4	0,407	0,169
9	0,90	0,670	0,307	0,304	0,297	0,303	0,344
10	1,00	0,744	0,125	0,129	0,127	0,127	1,383

Quadro II- 6 - Dados do alinhamento 4, resultantes do ensaio na janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	1,27	1,22	1,228	1,239	0,000
1	0,10	0,074	1,22	1,223	1,219	1,221	0,015
2	0,20	0,149	1,169	1,194	1,193	1,185	0,030
3	0,30	0,223	1,176	1,193	1,183	1,184	0,001
4	0,40	0,298	1,153	1,168	1,164	1,162	0,019
5	0,50	0,372	1,139	1,148	1,149	1,145	0,014
6	0,60	0,447	1,107	1,129	1,129	1,122	0,021
7	0,70	0,521	1,049	1,069	1,079	1,066	0,053
8	0,80	0,595	1,053	0,953	1,028	1,011	0,054
9	0,90	0,670	1,009	0,991	0,994	0,998	0,013
10	1,00	0,744	0,872	0,884	0,878	0,878	0,137

Quadro II- 7 - Dados do alinhamento 5, resultantes do ensaio na janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	2,921	2,919	2,944	2,928	0,000
1	0,10	0,074	3,26	3,024	3,018	3,101	-
2	0,20	0,149	2,951	3,176	2,938	3,022	0,026
3	0,30	0,223	3,049	2,856	2,938	2,948	0,025
4	0,40	0,298	3,094	2,948	2,833	2,958	-
5	0,50	0,372	2,926	2,983	2,972	2,960	-
6	0,60	0,447	2,899	2,884	2,85	2,878	0,029
7	0,70	0,521	2,899	2,913	2,838	2,883	-
8	0,80	0,595	2,896	2,857	2,886	2,880	0,001
9	0,90	0,670	2,753	2,789	2,833	2,792	0,032
10	1,00	0,744	2,667	2,716	2,698	2,694	0,036

Quadro II- 8 - Dados do alinhamento 6, resultantes do ensaio na janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	3,503	3,497	3,492	3,497	0,000
1	0,10	0,074	3,479	3,498	3,493	3,490	0,002
2	0,20	0,149	3,487	3,494	3,488	3,490	0,000
3	0,30	0,223	3,481	3,477	3,463	3,474	0,005
4	0,40	0,298	3,471	3,473	3,472	3,472	0,000
5	0,50	0,372	3,448	3,44	3,462	3,450	0,006
6	0,60	0,447	3,439	3,438	3,444	3,440	0,003
7	0,70	0,521	3,42	3,419	3,408	3,416	0,007
8	0,80	0,595	3,379	3,368	3,385	3,377	0,011
9	0,90	0,670	3,333	3,347	3,345	3,342	0,011
10	1,00	0,744	3,278	3,28	3,275	3,278	0,020

Quadro II- 9 - Dados do alinhamento horizontal, resultantes do ensaio na janela 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	lf <sub>1</sub> (mm)	lf <sub>2</sub> (mm)	lf <sub>3</sub> (mm)	lf (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	-0,248	-0,24	-0,237	-0,242	0,000
1	0,10	0,074	-0,236	-0,231	-0,232	-0,233	0,037
2	0,20	0,149	-0,234	-0,23	-0,23	-0,231	0,007
3	0,30	0,223	-0,229	-0,228	-0,233	-0,230	0,006
4	0,40	0,298	-0,227	-0,226	-0,229	-0,227	0,012
5	0,50	0,372	-0,226	-0,226	-0,225	-0,226	0,007
6	0,60	0,447	-0,216	-0,217	-0,214	-0,216	0,046
7	0,70	0,521	-0,195	-0,197	-0,197	-0,196	0,098
8	0,80	0,595	-0,161	-0,165	-0,17	-0,165	0,188
9	0,90	0,670	-0,112	-0,11	-0,108	-0,110	0,503
10	1,00	0,744	-0,013	-0,014	-0,009	-0,012	8,167





## **ANEXO III**

### **Levantamento de alguns edifícios de alvenaria de taipa**

## Ficha de Edifício T1

Morada: Monte Pé de Erra – Vila Nova da Erra - Coruche

Coordenadas: 38°59'42.84"N - 8°27'38.16"W

Data: 29-03-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: Final séc. XIX

Abandono: Década de 80

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
		X	

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Paredes de taipa com 35 cm de espessura
Paredes Interiores	Tijolo maciço cozido com 15 cm de espessura
Aparelho	meia vez
Janelas	Uma janela com portada e caixilharia de madeira, na fachada tardoz
Portas	Uma porta com postigo e caixilharia de madeira, na fachada principal
Revestimentos	O revestimento exterior e interior é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Duas águas; telha canudo; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas com estrutura secundária;
Planta	Planta rectangular, localiza-se no meio de uma banda com três divisões
Outros	Sem presença de escadas; Lareira com um reforço horizontal em madeira e em tijolo maciço



Figura III - 2 - Vista interior do edifício T1



Figura III - 1 - Aglomerado habitacional do Monte Pé de Erra



Figura III - 3 - Vista do quarto e janela tardo do edifício T1

## Ficha de Edifício T2

Morada: Rua dos Combatentes - Coruche

Coordenadas: 38°58'50.37"N - 8°30'22.25"W Data: 20-03-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: Final séc. XIX

Abandono: Década de 90

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
			X

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Paredes de taipa com 50 cm de espessura e 20 cm de altura entre blocos. As paredes exteriores apresentam-se reforçadas nas juntas com tijolos maciços, perfazendo uma junta de 8,5 cm de espessura, em que o tijolo ocupa 6,5 cm.
Paredes Interiores	Não são estruturais
Aparelho	meia vez
Janelas	Sem janelas
Portas	Uma porta com postigo e caixilharia de madeira, na fachada principal com dimensões 80x170 cm
Revestimentos	O revestimento exterior (1,5-2,0 cm)e interior (1,5-2,0 cm) é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Duas águas; telha canudo; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas com estrutura secundária; beirado de 19 cm.
Planta	Planta rectangular, localiza-se no extremo de uma banda com apenas uma divisão e área de implantação de 37,33 m <sup>2</sup> ; Pé direito de 2,20 m
Outros	Sem fundações, as paredes são directamente assentes no solo; Lareira com um reforço horizontal em madeira e construída em tijolo maciço com as dimensões 120x135x205 cm



Figura III - 5 - Parede exterior de taipa do edifício T2



Figura III - 4 - Fachada principal do edifício T2



Figura III - 6 - Vista da empena do edifício T2

### Ficha de Edifício T3

Morada: Sem nome – Santarém

Coordenadas: 39°13'31.62"N - 8°42'30.85"W Data: 05-04-2009

Tipo de construção: Habitação

Construção: Final séc. XIX

Abandono: Década de 80

Estado do edifício			
Bom	Satif.	Mau	Ruína
			X

Elementos	Características (dimensões, materiais, nº, etc.)
Paredes exteriores	Paredes de taipa, reforçadas nas juntas com pequenas pedras calcárias.
Paredes Interiores	Não são estruturais
Aparelho	meia vez
Janelas	Sem janelas na fachada tardoz, a fachada principal está demasiado danificada
Portas	Porta existente na fachada principal
Revestimentos	O revestimento exterior e interior é constituído por uma argamassa de cal e areia como reboco e uma caição de cor branca como acabamento
Coberturas	Duas águas; telha marselha; Sem asna, com as madres apoiadas directamente nas empenas com estrutura secundária;
Planta	Planta rectangular, edifício isolado com apenas uma divisão
Outros	Com fundação de alvenaria de pedra corrente calcária



Figura III - 8 - Vista da parede de taipa e fundação de alvenaria corrente do edifício T3



Figura III - 7 - Vista do edifício T3



Figura III - 9 - Vista da fachada tardoz do edifício T3





## **ANEXO IV**

### **Ensaio macacos planos em alvenaria de taipa**

## Caso de Estudo – Valongo, Avis

Morada: Valongo - Avis

Coordenadas: 39°18'09.90"N - 7°52'07.50"W

Data: 03-06-2010

Tipo de construção: Habitação

Data de Construção: n.d

Tipologia das Alvenaria de taipa e de adobes

Equipamento:

Modelo Controls	Descrição
58-D0567/C2	2 Macacos planos rectangulares (400X200X4,5 mm) com válvula
58-D0567/C11	Placas de enchimento metálicas (4 de 400X200X1,5 mm e 4 de 400x200x1,0 mm)
58-D0568/A	Bomba hidráulica manual com manómetro
D0567/RS	2 Tubos flexíveis de resistência a alta pressão (600 bar)
58-C0231	Medidor de variações de distâncias digital (300 mm)
58-C0230/1	Discos mira (10)
58-C0230/2	Tubo de Supercola 50 ML

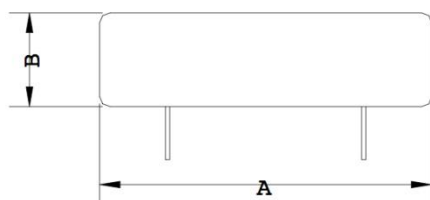


Figura IV - 1 - Esquema de um macaco plano rectangular

$K_m$	0,8
$K_a$	0,96
A (mm)	400
B (mm)	200
A/8 (mm)	50

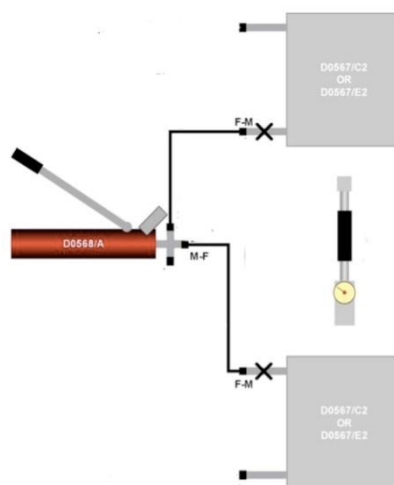


Figura IV - 2 - Esquema de montagem do ensaio de macacos planos duplos

Fórmulas:

$\sigma = K_m K_a p$
$\varepsilon = l_i - l_f / l_f$
$E = \sigma / \varepsilon$

1 MPa = 10 Bar

$l_{f_n}$  - distância entre miras

$\varepsilon$  - extensão

Quadro IV - 1 - Resumo dos dados recolhidos durante o ensaio

	Alinhamento 1	Alinhamento 2	Alinhamento 3	Alinhamento 4	Alinhamento 5
$\sigma$ (MPa)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,08	0,022	0,534	0,091	0,004	0,050
0,15	0,017	0,063	0,030	0,001	0,083
0,23	0,013	0,127	0,072	0,001	0,042
0,31	0,031	0,354	0,106	0,009	0,051
0,39	0,056	2,845	0,192	0,013	0,044
0,46	0,368	-1,311	0,673	0,010	0,064

(\*) - as miras descolaram-se da parede

n.m - distâncias não foram medidas

E (GPa)	15,32	0,16	1,25	27,03	2,34
---------	-------	------	------	-------	------

Quadro IV - 2 - Dados do alinhamento vertical 1

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$l_{f_1}$ (mm)	$l_{f_2}$ (mm)	$l_{f_3}$ (mm)	$l_f$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	1,988	1,993	1,980	1,987	0,000
1	0,10	0,077	1,986	1,926	1,921	1,944	0,022
2	0,20	0,154	1,925	1,907	1,904	1,912	0,017
3	0,30	0,231	1,889	1,887	1,889	1,888	0,013
4	0,40	0,308	1,825	1,837	1,833	1,832	0,031
5	0,50	0,386	1,727	1,737	1,738	1,734	0,056
6	0,60	0,463	0,592	1,606	1,604	1,267	0,368

Quadro IV - 3 - Dados do alinhamento vertical 2

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$l_{f_1}$ (mm)	$l_{f_2}$ (mm)	$l_{f_3}$ (mm)	$l_f$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0	0,323	0,340	0,322	0,328	0,000
1	0,10	0,077	0,208	0,228	0,206	0,214	0,534
2	0,20	0,154	0,202	0,200	0,202	0,201	0,063
3	0,30	0,231	0,179	0,179	0,178	0,179	0,127
4	0,40	0,308	0,126	0,161	0,109	0,132	0,354
5	0,50	0,386	0,035	0,036	0,032	0,034	2,845
6	0,60	0,463	-0,122	-0,108	-0,101	-0,110	-1,311

Quadro IV - 4 - Dados do alinhamento vertical 3

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$lf_1$ (mm)	$lf_2$ (mm)	$lf_3$ (mm)	$lf$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0,000	0,744	0,742	0,760	0,749	0,000
1	0,10	0,077	0,686	0,686	0,686	0,686	0,091
2	0,20	0,154	0,670	0,664	0,665	0,666	0,030
3	0,30	0,231	0,620	0,621	0,623	0,621	0,072
4	0,40	0,308	0,552	0,554	0,580	0,562	0,106
5	0,50	0,386	0,486	0,478	0,451	0,472	0,192
6	0,60	0,463	0,316	0,266	0,264	0,282	0,673

Quadro IV - 5 - Dados do alinhamento vertical 4

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$lf_1$ (mm)	$lf_2$ (mm)	$lf_3$ (mm)	$lf$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0,000	4,221	4,221	4,222	4,221	0,000
1	0,10	0,077	4,206	4,207	4,204	4,206	0,004
2	0,20	0,154	4,203	4,201	4,202	4,202	0,001
3	0,30	0,231	4,201	4,198	4,200	4,200	0,001
4	0,40	0,308	4,171	4,158	4,157	4,162	0,009
5	0,50	0,386	4,120	4,100	4,102	4,107	0,013
6	0,60	0,463	4,075	4,063	4,058	4,065	0,010

Quadro IV - 6 - Dados do alinhamento vertical 5

P (BAR)	p (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$lf_1$ (mm)	$lf_2$ (mm)	$lf_3$ (mm)	$lf$ (mm)	$\varepsilon$ (mm)
0	0	0,000	0,875	0,851	0,872	0,866	0,000
1	0,10	0,077	0,845	0,825	0,805	0,825	0,050
2	0,20	0,154	0,769	0,775	0,742	0,762	0,083
3	0,30	0,231	0,739	0,726	0,728	0,731	0,042
4	0,40	0,308	0,683	0,708	0,696	0,696	0,051
5	0,50	0,386	0,667	0,669	0,663	0,666	0,044
6	0,60	0,463	0,621	0,628	0,630	0,626	0,064

## **ANEXO V**

### **Levantamento de edifícios pré-pombalinos em Lisboa**

<b>Ficha de Edifício</b>	<b>Alvenaria</b>	<b>Ano/Período Construção</b>	<b>Habitado ou Devoluto</b>	<b>Pisos</b>	<b>Águas Furtadas</b>	<b>Fachada em Bico</b>	<b>Andar de Ressalto</b>	<b>Nº águas</b>	<b>Estado de conservação</b>
L1	Pedra corrente	XVII	Habitado	5	Não	Não	Não	2	Razoável
L2	Pedra corrente	Anterior a 1755	Devoluto	4	Não	Não	Não	4	Mau
L3	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	7	Sim	Não	Não	2	Mau
L4	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	3	Sim	Sim	Não	2	Mau
L5	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	4	Sim	Sim	Não	2	Em obras
L6	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	4	Não	Sim	Não	2	Razoável
L7	Pedra corrente	Anterior a 1755	Devoluto	5	Não	Sim	Não	2	Em obras
L8	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	4	Sim	Sim	Sim	2	Mau
L9	Pedra corrente	XVII	Habitado	4	Não	Não	Sim	2	Razoável
L10	Pedra corrente	XVII	Habitado	4	Não	Não	Sim	2	Mau
L11	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	5	Não	Não	Sim	4	Bom
L12	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	4	Não	Não	Não	2	Razoável
L13	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	3	Sim	Sim	Não	2	Razoável
L14	Pedra corrente	Anterior a 1755	Habitado	2	Sim	Sim	Não	2	Bom

<b>Ficha de Edifício</b>	<b>Alvenaria</b>	<b>Implantação do edifício</b>
L1	Pedra corrente	Extremo de uma Banda
L2	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L3	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L4	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L5	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L6	Pedra corrente	Extremo de uma Banda
L7	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L8	Pedra corrente	Extremo de uma Banda
L9	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L10	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L11	Pedra corrente	Extremo de uma Banda
L12	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L13	Pedra corrente	Meio de uma Banda
L14	Pedra corrente	Meio de uma Banda

Ficha de Edifício	Alvenaria	Localização das portas	Guarnição das portas			Tipo de porta	Largura da porta (cm)	Altura da porta (cm)
			Vertical	Horizontal	Material			
L1	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma folha		
L2	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de duas folhas	nº14: 115; nº12: 225; nº11: 135	nº14:240; nº12:320; nº11:265
L3	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma folha		
L4	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de duas folhas		
L5	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma e de duas folhas		
L6	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma folha	nº10: 90; nº12: 95	nº10:190; nº12:210;
L7	Pedra corrente							
L8	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma folha		
L9	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de duas folhas	nº32: 135; nº33: 95	nº32:230; nº33:190
L10	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Madeira	de duas folhas		
L11	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma folha	60	200
L12	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de duas folhas		
L13	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de duas folhas	nº66: 155; nº68: 110; nº70: 110; nº72: 110; nº74: 155	nº66:235; nº68:230; nº70:210; nº72:250; nº74:250
L14	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra Calcária	de uma e de duas folhas	nº16: 85; nº18: 95; nº20: 130; nº22: 90	nº16:190; nº18:190; nº20:215; nº22:180



Ficha de Edifício	Alvenaria	Localização das janelas	Guarnição das janelas			Tipo de janela	Largura da janela (cm)	Altura da janela (cm)
			Vertical	Horizontal	Material			
L1	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas		
L2	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas		
L3	Pedra corrente	Fachada Principal e tardoz	Sim	Sim	Pedra calcária	Principal: Sacada; tardoz: Guilhotina		
L4	Pedra corrente	Fachada Principal e tardoz	Sim	Sim	Pedra calcária	Principal e tardoz : Sacada		
L5	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas e Guilhotina	80	120
L6	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas		
L7	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária			
L8	Pedra corrente	Fachada Principal e Empena	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas		
L9	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária			
L10	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Madeira	Batente duas folhas		
L11	Pedra corrente	Fachada Principal e Empena	Sim	Sim	Madeira	Batente duas folhas e Sacada	50	70
L12	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas e Sacada		
L13	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas e Sacada		
L14	Pedra corrente	Fachada Principal	Sim	Sim	Pedra calcária	Batente duas folhas e Sacada	75	110

Morada: Rua do Terreirinho, 102, 104-108, Calçada de Agostinho de Carvalho - Mouraria

Coordenadas: 38°43'3.78"N - 9° 8'5.16"W

Data: 01-08-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L1

		<p>Prédio alto, com cinco pisos e águas-furtadas, com janelas da escada desnivelada, acompanhando o nível dos patins. Construção provável do século XVII. Apresenta uma cobertura de duas águas.</p>
		



Morada: Largo do Contador-Mor, 8, 9, 11-14/17-21

Coordenadas: 38°42'43.05"N - 9° 7'52.43"W

Data: 01-08-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L2

		<p>Bloco de habitações de dimensões, invulgares para a época de construção, chega a atingir 4 pisos. Escadas iluminadas por óculos, servindo 2 fogos/piso. Telhados de quatro águas, em pirâmide, de tipo anterior ao terramoto de 1755. Encontra-se em mau estado e devoluto à data da visita. As portas e janelas apresentam guarnição de cantaria de pedra calcária, com 20 cm de largura e sobre estas arcos de descarga em tijolo maciço. As paredes exteriores são constituídas por alvenaria de pedra corrente com elementos cerâmicos. A porta 14 apresenta 1,15m de largura e 2,40m de altura. A porta 12 apresenta 2,25m de largura e 3,20 de altura. A porta 11 apresenta 1,35m de largura e 2,65m de altura.</p>
		





Morada: Rua dos Bacalhoeiros, 8

Coordenadas: 38°42'32.67"N - 9° 8'0.02"W

Data: 31-03-2009

Tipo de Construção: Habitação e Comercial

Edifício nº L3

		<p>Edifício anterior ao terramoto, da época de D.João V., de grande porte, conhecido devido às suas varandas, que apresentam um rico trabalho em cantaria e nas varandas de balaústres. Construído originalmente com cinco pisos e no século XVIII foram-lhe acrescentados mais dois pisos e águas-furtadas. A cobertura é de duas águas. O edifício dá acesso à rua Afonso de Albuquerque (fachada tardoz) e rua dos Bacalhoeiros (fachada principal). Na fachada tardoz é possível visualizar janelas de guilhotina. A escada interior é em caracol com um óculo. As paredes exteriores são em alvenaria de pedra corrente com elementos cerâmicos. O piso térreo é utilizado para restauração e os restantes pisos para habitação.</p>
		



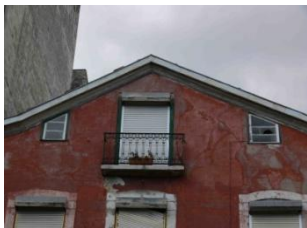

Morada: Rua dos Bacalhoeiros, 12

Coordenadas: 38°42'32.67"N - 9° 8'0.02"W

Data: 31-03-2009

Tipo de Construção: Habitação e Comercial

Edifício nº L4

		<p>Edifício com cobertura de duas águas, de fachada em bico. Construção anterior ao terramoto, com três pisos e sótão. Encontra-se à data da visita habitado e com a fachada principal em mau estado de conservação. O piso térreo alberga uma loja e os restantes pisos são de habitação. O edifício dá acesso à rua Afonso de Albuquerque (fachada tardoz) e rua dos Bacalhoeiros (fachada principal). Paredes exteriores em alvenaria de pedra corrente. A guarnição das janelas é em cantaria de pedra.</p>
		

Morada: Largo de S. Rafael, 1,2 (antigo nº23)

Coordenadas: 38°42'37.86"N - 9° 7'45.72"W

Data: 31-03-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L5



Um prédio com quatro pisos e águas-furtadas (nº2) e outro com dois pisos e águas furtadas (nº1). Ambos apresentam telhados de duas águas, formando fachada em bico. Originalmente a escada localizada junto à parede exterior divisória do prédio de quatro pisos, servia apenas um fogo/piso, actualmente serve os dois fogos contíguos. O edifício de quatro pisos, apresenta nas suas paredes interiores algumas estruturas em gaiola, o que sugere remodelações após o terramoto de 1755, possivelmente por ter sido danificado durante este. Na data da visita, encontra-se habitado apenas no segundo piso, o piso térreo devoluto e os restantes pisos em remodelações, em que se observou uma tendência para alterar a traça origina do edifício. As paredes exteriores do edifício são constituídas por alvenaria de pedra corrente com elementos cerâmicos. As janelas e portas apresentam uma guarnição de cantaria de pedra. Algumas janelas ainda são de guilhotina. A porta de acesso às escadas no interior do prédio nº2 apresentam 0,90m de largura e 1,90 m de altura. A porta no mesmo prédio de acesso ao piso térreo, tem 1,20m de largura e 2,05m de altura e a janela deste mesmo piso 0,80m de largura e 1,20m de altura.



Morada: Escadinhas de S. Crispim, 10, 12

Coordenadas: 38°42'40.11"N - 9° 8'0.04"W

Data: 31-03-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L6



Construção de quatro pisos, com telhado de duas águas, formando fachada em bico. Foi representado em gravura na obra de Norberto de [2] (jornalista e escritor), "*Peregrinações em Lisboa*". Os seus vãos apresentam uma guarnição de cantaria de pedra e o acesso a cada porta tira partido da inclinação do terreno. Encontram-se ambos habitados e num estado razoável de conservação. A porta nº10 apresenta 0,90m de largura e 1,90m de altura. A porta nº12 tem 0,95m de largura e 2,15m de altura.





Morada: Rua dos Remédios,1,3 – Alfama

Coordenadas: 38°42'41.17"N - 9° 7'39.93"W

Data: 02-06-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L7

	<p>Prédio de cinco pisos, com telhado de duas águas formando fachada em bico. Construção anterior ao terramoto. Na data de visita o edifício encontrava-se apenas com a fachada principal erguida, tudo o resto foi demolido</p>
	

Morada: Calçada de Agostinho de Carvalho, 24 / Beco de S.Marçal

Coordenadas: 38°43'3.93"N - 9° 8'4.44"W

Data: 01-08-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L8

	<p>Prédio de quatro pisos e sótão com telhado de duas águas, fachada em bico. Andar de ressalto na fachada lateral. Construção anterior ao terramoto.</p>
	

Morada: Largo do Chafariz de Dentro, 32, 33

Coordenadas: 38°42'40.75"N - 9° 7'41.03"W

Data: 02-06-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L9



Prédio de quatro pisos com duplo ressalto. Construção provável do século XVII. Encontra-se em razoável estado de conservação. A porta nº32 tem uma largura de 1,35m e altura de 2,30 m. A porta nº33 apresenta uma largura de 0,95m e uma altura de 1,90m. A cobertura é de duas águas.

Morada: Rua do Benfornoso, 101, 103

Coordenadas: 38°43'6.16"N - 9° 8'6.16"W

Data: 01-08-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L10



Datado do século XVII, ou mesmo anterior, é um dos prédios de inquilinos que melhor representa o antes do terramoto. Encontra-se num mau estado de conservação da fachada principal, a necessitar de intervenção. Exemplar único de lote estreito com loja e dois andares de ressalto, com quatro pisos e escada de tiro. Óculos de iluminação da escada, servindo esta um fogo por piso. As caixilharias e pintura do piso térreo desfiguram do resto do edifício, concluindo-se alterações, que deviam ter sido evitadas. O forro dos ressaltos e varandas é um interessante trabalho de madeira. A cobertura é de duas águas.



Morada: Beco de S.Miguel, 15 / Escadinhas de S.Miguel, 17

Coordenadas: 38°42'40.69"N - 9° 7'46.88"W

Data: 31-03-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L11

	<p>Prédio de cinco pisos com ressalto bilateral, muito balançado. A porta tem 0,60m de largura e 2,00m de altura. A janela do piso térreo, tem 0,50m de largura e 0,70m de altura. As janelas apresentam uma caixilharia de madeira, nos pisos superiores, semelhante a alguns edifícios medievais árabes e no piso térreo guarnição em cantaria de pedra. A cobertura, típica de edifícios com esta forma é de quatro águas.</p>
	

Morada: Calçada de S.Vicente, 15,17 / Calçadinha do Tijolo

Coordenadas: 38°42'47.80"N - 9° 7'40.67"W

Data: 02-06-2009

Tipo de Construção: Habitação

Edifício nº L12

	<p>Prédio anterior ao terramoto, muito alterado, era um edifício de ressalto. Actualmente na fachada principal não se verifica essa característica. Tinha duas portas de acesso ao prédio, actualmente uma delas, a porta nº 15 deu lugar a uma janela. Apresenta ainda escada de tiro. A cobertura é de duas águas.</p>
 	

Morada: Rua Vieira Portuense , nº66,70,74

Coordenadas: 38°41'49.07"N - 9°12'10.65"W

Data: 06-04-2010

Tipo de Construção: Habitação e Comercial

Edifício nº L13



Prédio integrado na frente marginal de Belém, que em tempos deu para a praia e cais. Apresenta-se com três pisos e águas-furtadas, formando fachada de bico. Tem uma única escadas interior de tiro com cerca de 1,10m de largura.. No exterior, para o acesso da habitação tem um pequeno lanço de escada de pedra. As portas e janelas têm uma guarnição de cantaria de pedra e caixilharia de madeira, embora já com algumas janelas de caixilharia de alumínio. A porta nº74 actualmente é uma janela de um restaurante, assim como a porta nº 68. A porta nº70 é a que dá acesso às habitações dos pisos superiores e tem as dimensões de 2,10X1,10 m. O restaurante da esquerda da habitação, com porta nº 74 tem as dimensões 2,50X1,55m e a porta nº72 2,50X1,10m. O da direita apresenta o nº68 com 2,30mX1,10m e a porta nº66 de 2,35mX1,55m. Do que se poderá concluir, que em tempos, a porta nº74 e a nº66 seriam utilizadas para guardar os animais, para lojas ou local de trabalho dos moradores do prédio.

Morada: Rua Vieira Portuense nº16,18,20,22

Coordenadas: 38°41'48.97"N - 9°12'7.54"W

Data: 06-04-2010

Tipo de Construção: Habitação e Comercial

Edifício nº L14



Prédio de dois pisos e águas-furtadas com telhado de duas águas, formando fachada de bico. As portas e janelas têm uma guarnição de cantaria de pedra, com caixilharia em alumínio. O prédio encontra-se com a fachada principal em bom estado de conservação. Pela numeração das portas terá existido 3 habitações distintas, uma no piso térreo e duas no piso superior, com loja ou oficina no piso térreo. Actualmente o piso térreo é um espaço comercial e os pisos superiores encontram-se habitados. Está localizado na frente marginal de Belém e tem um óculo de iluminações da escada lateral. A porta nº 16 apresenta dimensões 1,90X0,85m, o nº18 (actual espaço comercial) com 190X0,95m e a janela com 1,10X0,75m. A antiga loja ou oficina, nº20 tem as dimensões 2,15X1,30m e a porta nº22 com 1,80X0,90m.